

言語システム = 偽装ウイルスチェックシステム

—— 自然言語情報処理における変数消去、虚数、測地線 —— *

有 川 康 二

キーワード：自然言語、自己組織化、変数消去、虚数、測地線

0 はじめに

「科学のどこを探しても、自己組織化（秩序の自然発生）、自然選択（ダーウィンの自然淘汰理論）、偶然（遺伝子の突然変異）、設計（母なる自然による形態の創造）の諸問題が、どのようにこの世界という書物に綴じ込まれ、影響しあい、その変化の速度を上げてきているのかということを記述し研究する適切な方法は、存在しない。」（原文はKauffman 1995 : 185）¹

約200万年前にヒト祖先の脳内神経細胞ネットワークの構築が特定の方向で自己組織化した。進化の総合学説流に言えば、神経細胞ネットワーク構築に關与するDNAに突然変異が生じた²。カウフマン（S.Kauffman, 1939, 理論生物学者・医師, 複雑系の研究で著名）流に言えば、化学反応の自己触媒系・相互触媒系が複雑さの臨界値を超えたその瞬間に突如として秩序が必然的に自然発生した。この自己触媒系・相互触媒系の自己組織化は生じるべくして生じた³。その自己組織化の流れの中で必然的突然変異（カウフマン流に考えると矛盾ではない）が起こった。標準的な考え方では突然変異とは細胞レベルにおける情報のコピーミスである（西原1997）。紫外線や放射線などの宇宙線によるDNAの傷つけが影響するのもかもしれない。しかし、カウフマンによ

れば、自己組織化の強情な流れの中でDNA変異が起こり、その後、自然淘汰が仕事を行う。

言語システムが自己組織化する以前のその生物（言語システムを持たないヒト祖先）の脳は、他の生物と同じように、情報の受信・発信システムとしての運動知覚システムと、情報分析システムとしての志向・概念（思考）システムで十全に機能していた（詳細はセクション3.1を参照されたい）。しかし、ヒト祖先の脳の中だけに偶然（または、必然的に）突然変異によって無目的の離散無限情報生成システム（言語システム）が自己組織化した⁴。複雑系としての言語システムの誕生である⁵。

寄生システムは宿主システムの中で生き延びようとする。新しく誕生したその寄生サブシステム（言語システム）も、全体の宿主システム（生物脳）の中で生き延びようとした。新入りの言語システムは、生物脳内で生き延びるために、自分を生物脳に似せる必要があった。言語システムが生物脳に似ていれば、生物脳は言語システムの存在を怪しまず、拒否反応も示さないからである。先輩の生物脳は免疫システムである。後輩の言語システムは自分を免疫システムに似せる（偽装する）ことで、先輩の生物脳を安心させた（欺いた）。言語システムは免疫システムを擬装することで、生物脳内で生き延びた。ヒト脳の言語システムは、免疫システムを偽装した擬装ウイルスチェックシステムである。言語システムで使用後に照合されて消去される構造素性（変数・未知数）が、その擬装の証拠である。

数学の変数消去は、約200万年前にヒト祖先の脳に言語システムが出現した段階で生まれていた。数学の基本的な操作や概念は、約200万年前に自然言語システムが出現した段階で誕生していた。換言すれば、母なる自然が創造した自然言語の情報処理システムは、約200万年後の人工言語の一つである数学の諸概念を先取りしていた。変数消去はその一例である。また、自然言語の時間計算を調べると、虚数を基盤とした虚時間のようなものが既に自然言語の情報処理の中に含まれていることが分かる。また、自然言語情報処理には移動（再結合）現象があるが、その移動は最短距離で起こる。言語システム

の最短距離は、非ユークリッド幾何学という曲面における最短距離（測地線）を先取りしている。

本稿の構成を示す。セクション1では生物脳が免疫システムであることを示す証拠を紹介する。セクション2では言語システムのヒト脳における突然変異が約200万年前に起こったことを示す証拠を紹介する。セクション3では言語システムが擬装ウィルスチェックシステムであることを示す証拠を紹介する。まず、サブセクション3.1.では、自然言語が音素性と意味素性を処理していること、言語システムで保存則が働いていること、音情報処理と意味情報処理が互いに独立していることを示す証拠を提示する。サブセクション3.2.では、構造素性がウイルスであること、ウイルスとは消去できない変数であること、格助詞や活用語尾が変数であること、文構造が自己部位と非自己部位を持つこと、ウイルスである構造素性は非自己尾部位で照合・消去されるという証拠を提示する。また、自然言語計算における置換の対称性について、群論の初歩的な道具を用いて考える。サブセクション3.3.では自然言語情報処理における最短距離が、非ユークリッド幾何学という測地線であることの証拠を提示する。セクション4.では、変数「を」と動詞語幹が親和性を持つこと、変数「が」と定の時制主要部Tが親和性を持つという証拠を提示する。セクション5.では自然言語の時間計算の中に虚時間が含まれていることを示す証拠を提示する。セクション6.では文を方程式として解く。すなわち、セクション3.3.では自然言語計算の非線形的な性質のひとつを考えたが、本セクションでは自然言語計算の線形的な性質を調べる。サブセクション6.1.では、能動文と直接受動文を連立1次方程式として解くと、興味深い結果が出ることを紹介する。サブセクション6.2.では様々のパターンの文を方程式化、及び、グラフ化すると、互いに興味深い相関関係が観察されることを示す。サブセクション6.3.では線形代数学において消去法が破綻する場合を紹介し、自然言語情報計算でも対応する事態が観察されることを示す。セクション7.で本稿の要点を簡単にまとめる。付録1.では、格助詞の中には変数であるものがないものがあり、前者は投射しないことを数量詞遊離の事実を示

して解説する。付録2.では連濁現象が最小労力原理（The least effort principle）に支配されていることを示す。

1 脳は免疫システムである⁶

1.1 .その証拠

脳は情報処理の臓器である。脳には酸素を含む血液が優先的に分配される。脳には他の組織にはない血液脳関門というチェックシステムが存在する。このチェックシステムは、中枢神経系の血管がグリア細胞に覆われており、脳から隔離されていることで確保される。このような中枢神経系の血管壁はタンパク質などの高分子を通さない。通れるものは、血液ガス（酸素と炭酸ガス）と、グルコースやアミノ酸などの栄養低分子だけに厳しく制限されている。このようにして、血液脳関門は、脳を血流で循環する有害な化学物質から守っている。しかし、血液脳関門を巧妙に通り返けるものがある。アルコール、ニコチン、脳内の自前の快感化学物質に変装するという偽装工作を行い脳内に侵入する麻薬や覚醒剤、神経ガスなどの毒素は血液脳関門を通り返け、脳内に入り込む⁷。

2 .言語システムは約200万年前にヒト祖先の脳内で突然変異により部外者として自己組織化した

2.1 .その証拠

約200万年前のホモ・ハビリスの頭骸骨の左側頭部付近にそれ以前の猿人の頭骸骨にはみられない凹みがある。これはホモ・ハビリスがそれ以前の猿人に比べて大脳左半球の当該部分が腫れ上がっていたことを示す証拠である。現代人の大脳左半球側頭部付近も相対的に腫れており、この辺りには発音や文構造構築に関与するブローカ野や意味解釈に関与するウェルニッケ野などがある。つまり、約200万前のホモ・ハビリスの脳は私たちの脳と類似した構造的特徴を持っていた。シカゴ大学のハワードヒューズ医学研究所のBruce Lahnらの研究によると、約185万年前にアウトライヤー遺伝子を突然変異によ

って獲得したヒト祖先の脳だけが巨大化した（Lahn 2004）。アウトライヤー遺伝子はエイズウイルスのように変化速度（進化速度 = 遺伝子が設計図を提供するタンパク質を変化させるDNA配列中の変異の速度）が非常に速いことで有名である。大脳左半球側頭部の奇形的な腫れの突然の出現はこの部分のニューロンネットワークの異常な発達と急激な再編成が起こったことを示す⁸。これによりヒトは自然言語や自然数などの離散無限の要素を持つ情報処理システムを系統発生的に獲得した。離散無限は情報生成の癌化である。情報生成に歯止めがきかなくなった状態である。ここに人類の栄光と悲惨の幕が開けた。

3 部外者 = 言語システムが脳内で自分の存在を認知・承認してもらうためにとった方法

生物脳にとって、言語システムは部外者である。ヒト以外の生物の脳は情報処理の臓器として既に十全に機能していた（る）。つまり、ヒト以外の生物の脳は、情報の受信・発信の働きを担う運動知覚システムと、情報分析を担う思考システム（概念志向システム）を備え、十全に機能していた（る）。そこに、約200万年前に、ヒトの祖先の脳の中に、言語システムが突然、部外者として現れた。つまり、言語システムは最初から余剰物（無駄なもの）として出現した。言語システムを持ってしまったときから、ヒトの本能は壊れ始めた。ここに本能に従って生きられないヒトの栄光と悲惨の幕があげた。

言語システムは生物の脳にとって新参である。新参の言語システムは、古参の運動知覚システムと思考システムに、自分（言語システム）の存在を認知・承認してもらう（生物脳の中で生き延びる）ために、その場しのぎに次の方法をとらざるを得なかった。

- （１）古参の運動知覚システム、及び、思考システムと連結する。
- （２）免疫システムを偽装する（変数消去の発生）。

以下、上の（１）と（２）の証拠を提示する。

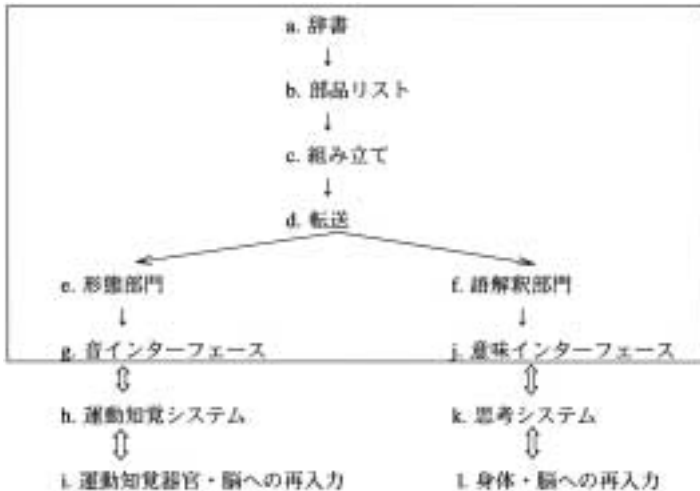
3.1（１）の証拠

自然言語は音情報と意味情報を持つ。これは脳内で新参の言語システムが、古参の運動知覚システムと思考システムと連結して生き延びようとした名残りである。全ての生物は、情報の受信と発信に携わる運動知覚システムと、情報の分析と修飾に携わる思考システムを持つ。情報の受信・発信の媒体は様々である。例えば、視覚情報（光＝電磁波の振動；ホタル、ホタルイカ、オワンクラゲ、ウミホタル（甲殻類）、グロームワーム（ヒカリキノコバエの幼虫）、チョウチンアンコウの頭から突き出したアンテナの先端の発光器（発光細菌との共生）、etc.、色＝電磁波の振動；タコ、カメレオン、etc.、時空間内の身体運動＝光子の反射による網膜の刺激と脳内神経細胞の情報処理；ヒトの手話言語、etc.）嗅覚情報（におい＝化学物質；昆虫などが伝達手段に利用するフェロモンなど、etc.）味覚情報（味＝化学物質；アリマキヤアリ、etc.）触覚情報（物質＝原子・分子の構成；ヒトの点字言語、etc.）聴覚情報（音＝水・空気の原子・分子の振動；イルカ、鯨、サル、ヒトの音声言語、etc.）視覚情報＋聴覚情報＋時間情報（移動の向き、振動数、振動時間；ミツバチの身体運動：尻振りダンス、etc.）などのように様々な情報媒体が存在する。因みに、発光生物は全ての種で存在する。細菌（発光細菌）、菌類（ヤコウタケ、ツキヨタケ）、無脊椎動物では、原生動物（ヤコウチョウ）、腔腸動物（オワンクラゲ、ウミシイタケ）、環形動物（発光ゴカイ、発光ミミズ）、軟体動物（ホタルイカ、ラチア）、節足動物（ウミホタル、オキアミホタル、グロームワーム）、棘皮動物（ヒカリクモヒトデ）、原索動物（ヒカリボヤ）などで、脊椎動物では、魚類のチョウチンアンコウ、マツカサウオなどである（水谷（2009：77））。従って、先ほどの自然言語は音情報と意味情報を持つという表現は不正確である。厳密に言えば、自然言語は、受信・発信される波動情報としての感覚情報と、分析・修飾される情報としての意味情報を持つと言わなければならない。しかし、本稿では受信・発信される情

報としての感覚情報に関しては、聴覚を基盤とする音情報のみを扱う。

新参の言語システムは、古参の運動知覚システムと思考システムと連絡した。これが言語システム内の情報処理ルートを決めた。情報の流れを図示する。

(3)



上で実線で囲んだ部分が言語システムである。(e) (g) がブローカ野、(f) (h) がウェルニッケ野に対応する。脳内辞書 (a) の中には言語情報が素性として格納されている。本稿では必要に応じて素性表示を行うが、煩雑さを避けるために、素性の束である形態素で部品を表示する。言語素性には、音素性、意味素性、構造素性の三種類がある。構造素性は構造組み立て作業 (c) 時に全て消去されなければならない。構造素性を利用する言語外システムがヒト脳内には存在しないからである。音素性は運動知覚システムで、意味素性は思考システムで利用される。言語システム内での情報の流れは不可逆的である。つまり、一度、部品リスト (b) (numeration, N) が決定されると、辞書 (a) に戻ることはできない。部品リストの内容が過不足なく処理される

ので、一種の保存則が成立している。言語システムで保存則が成立することを背理法によって証明する。以下の背理法は排中律の下で行う。つまり、ある命題Pを仮定する仮定Aがあるとき、存在するのは、Aか、または、 $\neg P$ を仮定する $\neg A$ だけである。

(5) 言語システムにおける保存則の存在の証明

今、言語システム内で保存則が成立せず、文組み立て作業中に何度でも辞書に戻れると仮定する(仮定 A)。すると、下の (a) の文は (b) の意味を持つことができるはずである。しかし、以下の二例 (a) (b) は同じ意味ではない。例 (a) の部品リストは $N = \{ \text{猫, が, 金魚, を, 食べ, た, } C \}$ である (C は、節タイプ導入子 (clause-type introducer) で、上の例では C は [事実描写, 判断, 主張] などの意味を担う。C の音素性はない)。

a 猫が金魚を食べた

b 猫が金魚を食べたと思ったが、実は食べていなかった

(a) の文は (b) の意味を持たない。これは仮定 A の下では矛盾である。よって、仮定 A は誤りである。よって、仮定 A の反対、「言語システム内で保存則が成立し、文の組み立て作業中に辞書に戻れない」が正しい。つまり、一度決定された部品リストは保存則に支配される。(証明終わり)

次に、音インターフェース (g) と意味インターフェース (j) が互いに独立していることを背理法によって証明する。

(6) 音インターフェースと意味インターフェースが違いに独立していることの証明

今、音インターフェースと意味インターフェースが互いに依存し、一方における情報処理の崩壊 (失敗) は他方にも影響を与えると仮定す

る（仮定 B）。次の例を考える。

a 色のない緑色の思いが怒髪天をつくかのようにすやすやと寝入っている⁹

例（a）では、意味素性処理は共起制約違反で崩壊するが、音素性処理は収束する（値が決定され、計算が終了する）⁰。（a）は意味的には変だが、音的には問題ない。この事実は仮定 Bと矛盾する。よって、仮定 Bは誤りである。よって、仮定 Bの反対、「音インターフェースと意味インターフェースは互いに独立している」が正しい。（証明終わり）

言語（ヒトの自然言語）とは何か。簡単に言うと次のようになる。

（7）言語 = 外部システム（h, k）が出す読み取り問題に対して、言語システムが出す最適解

古参の運動知覚システム（h）と思考システム（k）は、いきなり出現して勝手に連結を要請してきた新参の言語システムに対して、仕方なく、読み取り問題を出す。

（8）読み取り問題 = 私にとって分かり易い情報を作れ。

分かり易い情報とは、例えば、目立たせたい情報は目立つところに置け、話題は一貫させよ、などの指示である。新参の言語システムは脳内で生き残るために、古参の外部システム達が出す読み取り問題を解く必要があった。チョムスキーを中心にして約半世紀前に立ち上げられた生物言語学プロジェクトの仮説によれば、新参の言語システムが音インターフェースと意味インターフェースで用意する各々の解は、各々の外部システムの要請する読み取り問題に対する最適解である。この最適性は、計算（情報処理）効率のよさ、つまり、経済性原理に支配されている。最小労力性などの経済性原理による

支配は、物理学的な情報処理においては広く観察される現象である。言語がヒト脳という物理学的・化学的法則に支配される自然物（タンパク質の塊）の働きであることを考えれば、言語情報処理が経済性原理に支配されていることは不思議ではない¹¹。

3 2 (2) の証拠

3 2 . 1 証拠その一

言語システムは偽装ウイルスチェックシステムである。言語システムには構造構築の駆動力として変数（未知数）消去が存在する。

約200年前にガウス（K. F. Gauss , 1777-1855 , ドイツの数学者 , 19世紀最大の数学者といわれる（百科事典マイペディア））によって整備された代数学における変数消去は、約200万年前に脳の突然変異によって出現し自己組織化した言語システムにおける変数消去を基盤にしている。Piattelli-Palmarini and Uriagereka（2003）は自然言語における構造素性の進化と免疫機能を生物ウイルスの類推を使用した。構造素性は消去できるときに即座に消去される（後回し禁止）。演算の後回しは記憶容量の負担を増大させ、母語獲得システムとしての言語システムの生物学的必然性、すなわち、自動性（母語獲得は自動的に無意識のうちに成立する）、最速性（基本的な母語獲得は生後数年のうちに終了する）、容易性（母語獲得には意識的な努力を必要とする学習は関与しない）などと矛盾するからである。

（ 9 ） 構造素性 = ウイルス仮説

言語システムの構造素性はウイルスである。

言語ウイルスは文構造組み立ての駆動力である。言語ウイルスは自分の働きが終わった直後に照合され、消去される。Piattelli-Palmarini and Uriagerekaはウイルスという用語を言語事実の説明を行うための類推として使用している。しかし、これは以下のことを考慮すると、単なる類推ではなく、事実で

ある可能性もある。

物質は全て情報である、つまり、原子や分子、原子を構成する原子核や電子、原子核を構成する陽子、中性子、中間子（陽子と中性子を結びつけている。湯川秀樹が1935年に存在を予測。12年後の1947年にイギリスの実験物理学者パウエルが発見）陽子を構成するクォーク（閉じたり開いたりしている振動する紐）電磁力（電荷、磁荷の間に働く力：光子が力の仲立ち）弱い力（元素を崩壊させる力：グルーオンが力の仲立ち）強い力（クォークを結びつける力： W^+ 、 W^- 、 Z 粒子が力の仲立ち）重力（天体と天体を引き合う力：重力子（グラビトン、未発見）が力の仲立ち。天体とは宇宙空間にある物体。銀河団、銀河、恒星、衛星、彗星、星雲など）の力（10次元空間で閉じたり開いたりして振動する紐）そして、11次元空間でそれらの紐の端が張り付いたり、離れたりしているブレーン（膜）空間に充滿していて、質量0の光子、 W 粒子、 Z 粒子に質量を与える役目をするヒッグズ粒子（未発見）は、全て、情報である¹²。すなわち、情報こそが、宇宙を記述する物理にとって基本的である。これは現在の標準的な物理学の考え方になりつつある（Wheeler（1990）、Cristian von Baeyer 2003）。

では、コンピュータウイルスとは何か。コンピュータウイルスとは例えばファイルやプログラムの消去機能を破壊するプログラムである。つまり、ウイルスに感染したパソコンはある特定のプログラムを終了できなくなり、特定の演算の歯止めが効かなくなる。コンピュータウイルスとは電気（電磁力）信号からなる。電気とは電子の流れである。電子は量子性（粒子の性質）と波動性（波の性質）の両方の性質を持つ。量子や波動は情報である。つまり、コンピュータウイルスは量子と波動の特定のパターンである。従って、もし、量子や波動の動きを観察できる「情報顕微鏡」（光学顕微鏡、電子顕微鏡、陽電子を利用するPET、電磁力を利用するfMRIより解像度の高い量子顕微鏡）のようなものが発明されたら、パソコンの中のコンピュータウイルスの動きを観察できるのであろう。

では、ヒト脳の言語システムの構造素性とは何か。構造素性は、神経細胞

(ニューロン)ネットワークの働きとして存在する。ニューロンとは何か。ニューロンは電気信号と化学信号の働きで成立する。電気信号とは何か。電子の流れである。電子は情報である。化学信号とは何か。化学信号とは化学物質である。化学物質とは何か。化学物質とは原子や分子から成る。原子は情報である。つまり、構造素性とは、電子や原子の特定のパターンである。よって、「情報顕微鏡」があれば、言語システムにおける構造素性の働きを、電子や原子の特定のパターンを示す動きとして観察することができる。

母なる自然が創ったヒト脳と、そのヒト脳が作ったコンピュータは、共通点も相違点もある。しかし、両者は、電子や原子の働きからなる。両者には、消去機能を破壊するような電子や原子の特定のパターンの動きが存在する。この消去機能を破壊するような電子や原子の特定のパターンの動きを、ウイルスと呼ぶ。

では、実際の生物ウイルスとは何か。ウイルスは自分達だけでは自己増殖できず(自分達だけで子孫を残せず) 他者の細胞内に寄生して自己増殖する。しかし、ウイルスは代謝機能(食べて、消化して、出す働き)を持たない。生物を、自己増殖し、代謝機能を持つものと定義すると、ウイルスは寄生して増殖するという中途半端な方法を採用している点で辛うじて生物的ではあるが、かなり無生物に近いということになる。実際、タンパク質の結晶として存在するウイルスもいる。ウイルスは光学顕微鏡では見えないが、電子顕微鏡では見える(10~300nm(ナノメートル)。1nmは10億分の1メートル。 10^{-9}m 。)生物ウイルスとはタンパク質である。タンパク質とは何か。物質である。物質とは何か。物質は原子から成る。原子とは何か。原子は情報である。つまり、生物ウイルスは原子の集合の特定のパターンの動きである。

ちなみに、私達の激しく入れ替わる60兆個の細胞一個一個にあるミトコンドリアは、元々は自分独自のDNAを持ち、外界に存在した好気性細菌(酸素がないと増殖できない細菌)であった。その細菌が細胞核を核膜で覆われている真核細胞に寄生し始めた。現在も私達の細胞一個一個の中で、ミトコンドリアはエネルギー生成という重要な働きをしながら、自分独自のDNAを保

持して自己増殖しながら、私達の体の中で私達と共存している。エイズウィルスは自己と非自己の区別という免疫機能の基盤を破壊するウィルスである。エイズウィルスは私達の体にとって自己であるかのように自分を見せかけるという偽装工作を行って侵入し増殖する。自己と非自己の区別もタンパク質の構造という情報である。つまり、免疫不全というのはエイズウィルスの消去ができなくなったという状態である。エイズウィルスは進化速度が速すぎて（突然変異しすぎて）ワクチンの開発が追いつけない。つまり、エイズウィルスを消去できない。癌細胞は、本来は細胞自死（アポトーシス）という遺伝的に担保されている細胞の消去ができなくなった細胞である。血流に乗ってあっという間に様々なところに転移する。

このように考えると、言語ウィルスやコンピュータウィルスは、生物ウィルスの類推ではない（そもそも生物ウィルス自体が無生物的である）。三者とも電子や原子の特定のパターンの動きである。すなわち、三者とも情報の特定のパターンの動きである。このようにこの宇宙の全ては情報であるという観点から考えると、解像度の恐ろしく高い情報顕微鏡のようなものができれば、電子顕微鏡で既に見えている生物ウィルスの情報処理の働き、言語ウィルスである構造素性の働き、コンピュータウィルスの働きをリアルタイムで観察できるはずである。ウィルスを、次のように定義する。

（10） ウィルス

放っておくと、システムの消去機能を破壊し、システム不全に陥らせるような情報の動きの特定のパターン

ヒト脳の言語システムの構造素性は、放っておくと、システムの情報処理（構造派生）が収束する（値を限りなく決定値に近づく）ことを阻止し、構造派生を崩壊させるような情報の特定のパターンである。つまり、構造素性＝ウィルスが消去されなければ、文構造計算で変数の値が決定されず、計算が終了に向かわない。

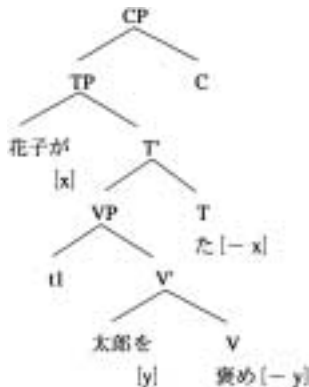
構造素性 = ウイルスが組み立て作業終了までに消去されなかった場合、その構造ウイルスは音インターフェース (PF) と意味インターフェース (LF) に流れ込む。しかし、PFとLFはこの構造ウイルスを処理できない。つまり、処理できないものが存在し続けるわけだから、計算を終了することができない。つまり、パソコンがウイルスに感染して終了不能になる状況と同じである。これが文の派生崩壊 (派生が収束しないこと) の正体である。ヒト脳言語システム内の自然言語情報処理における構造素性はウイルスである。これはもはや類推ではなく、物理学的、生物学的な事実である。

3 2 2 .その証拠二

3 2 2 .1 文構造における変数消去は対消滅である

格助詞、活用語尾、動詞語幹は変数を持つ。変数消去により文構造は構築される。生成統語モデルでは、以下の文 (11) は、次のような派生構造を持つと仮定される。

(11) 花子が太郎を褒めた



動詞語幹「褒め」は「太郎」に意味役割 [対象] を付与する。と同時に、格助詞「を」の持つ構造素性 ([対格] = 変数y) は「褒め」の持つ同種の構造

素性（変数 - y ）によって照合・消去される（ $y - y = 0$ ）³。数学や物理学の「次元」とは、その次元（枠組み）を説明する方程式に必要な「変数の個数」である（Stewart（2007））。つまり、例（11）は、2次元の性質を持つと言える。構造素性 = 変数はエネルギーである。労力最小原理により、エネルギーが消去される。つまり、マイナス・エネルギーが増える。このマイナス・エネルギーをシュレーディンガー（E. Schrödinger, 1887-1961, オーストリアの物理学者。量子力学、波動力学を完成。「生命 = 超伝導状態のように量子論的な秩序が巨視的スケールまで現れてくる現象」と考えた）はネグントロピーと呼んだ（Schrödinger 1944）。ネグントロピーは情報である。つまり、構造素性 = 変数 = エネルギー = エントロピーの消去により、ネグントロピー = 情報が増える。「褒め」は「花子」に意味役割[動作主]を付与する。格助詞「が」の持つ構造素性（[主格] = 変数 x ）は定の時制主要部Tである「た」の持つ同種の構造素性（変数 - x ）によって照合・消去される（ $x - x = 0$ ）。その際、「花子が」は「た」によって牽引される。動詞語幹V「褒め」と格助詞「を」は親和性を持つ。両者は親和性を持つから結合する。定の時制主要部T「た」と格助詞「が」は親和性を持つ。両者は親和性を持つから結合する。次のサブセクションで、その証拠を紹介する。

ヒト脳言語システムの情報処理に関する経験的証拠の提示に入る前に、構造素性 = 変数の照合・消去がこの宇宙の情報消滅生成の現場においてどのような位置にあるかを簡単に述べる。文構造を考える。最初の結合構造では対称性が保存される。つまり、この段階では情報は生成されない。

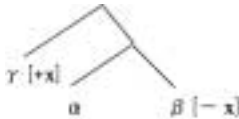
(12 a) 対称性保存（無秩序） = 平衡状態



言語システムにおいては上のような高い対称性を持つ（対称性の保存された）構造は不安定である。何故、不安定なのか？それは構造素性 = 変数 = エネル

ギー＝無秩序が照合・消去されていないからである。上の構造はエネルギーの高い気体や液体のように不安定である。次の段階で第三の要素が結合し、構造の対称性が崩れる。このとき情報が生成する。

(12b) 対称性の自発的崩れ(秩序生成)＝非平衡状態



$x - x = 0$ (変数＝エネルギーの照合・消去)

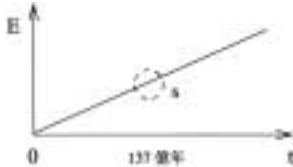
構造素性＝変数＝エネルギー＝無秩序の照合・消去が、自発的な対称性の崩れ＝構造構築の駆動力である。このように変数消去の反復により構造が形成され、音情報と意味情報が決定していく。言語システムにおいて、上のような対称性の崩れた構造は安定している。何故、安定しているのか？それは構造素性＝変数＝無秩序が照合・消去されて、結晶構造として安定化したからである¹⁴。

変数(無秩序)が消去されて0(秩序)となる変化の中で情報が生まれる。エントロピーの高い変数を消去することでネグントロピー(情報)が生成される(Schrödinger 1944)。脳は宇宙という閉鎖系内にあるので、熱力学第二法則に従って長期的にはエントロピーは増大し続ける(最終的には全ての脳は死を迎える＝エントロピー最大状態＝原子の拡散＝対称性保存)。しかし、生きている脳自体は開放系であるので、短期的には変数消去によりネグントロピー(情報)を入力・出力・再入力しながら生きていく。開放形では、最小労力原理によりエネルギーが最小となるような計算が可能である。よって、水分子システムが対称性の高い液体状態からエネルギーを放出して対称性の小さい結晶(氷)となるのと同じように、言語システム内でも、構造素性＝変数＝エネルギーを消去していく(最小化する)ことで、対称性の高い状態

言語システム = 偽装ウィルスチェックシステム

で存在している個々の言語素性（部品）を、対称性の小さい結晶（文構造）に変換する。この結晶（文構造）が音韻素性と意味素性として、各々、この順番で、言語外システムである運動知覚システムと思考システムに利用される。つまり、自己組織化する脳内では、変数が消去され続ける限り、文構造が生成され、対称性は自発的に崩れ続ける。つまり、構造素性はヒト脳内言語システムの中でエネルギーとして存在している。次のようなグラフで考える。E = エントロピー、t = 時間。

(12c) 熱力学第二法則 = 全ては対称性保存に向かう（長期的変化 = 全て壊れる/死ぬ）



熱力学第二法則とは簡単に言えば、ゴミ屋敷の法則である。全ては放っておけば、最終的にはごちゃごちゃしていく。時空物理学の考え方によれば、時間には始まりと終わりがある。単純に言えば、この宇宙ができた時に時間が始まり、この宇宙がなくなる時に時間は終わる。時間が始まったのは今から約137億年前である。時間が終わるのはこの宇宙全体が自分の重力で無限に落ち込み、宇宙全体がブラックホール化した時である（この宇宙の死）。或いは、これは実数時間の出来事であって、虚数時間の中では宇宙は始まりも終わりもないのかもしれない（Hawking 1993）。私達は今現在、この宇宙が誕生してから約137億年後の状態sにいる。上のグラフの状態sを拡大すると、次のように内部構造を持っている。

(12d) 状態sの拡大図

ネグントロピー生成 = 対称性の自発的崩れ(短期的変化 = 情報の消滅・生成)



エントロピーは、全体的、巨視（マクロ）的には増大しているが、局所的、微視（ミクロ）的には減少する時（谷の部分）がある。このマクロとミクロの関係はフラクタル構造を持つ。つまり、どこまでいってもマクロとミクロは相対的な関係である。つまり、上のグラフのある状態を何回拡大しても上のような波動が無限に出現する。よって、このレベルでのエントロピーの波動は、例えば、マクロ的には地球という惑星の搏動（活動期と停滞期）であり、ミクロ的にはヒト脳の働きである。後者の場合、エントロピー増大点（波動の山の部分）はヒト脳の情報処理で無秩序が増大する場合である。一方、エントロピー減少点（波動の谷の部分）は、ヒト脳が自己組織化により情報処理において一時的に秩序を回復する場合で、この過程で生成されるのが「負のエントロピー」=ネグントロピー=情報である。本稿のテーマに即して言えば、エントロピー減少点とは、ヒト脳内において、構造素性の照合・消去により、文構造の構築派生が収束し、言語外システムが利用可能な音韻素性と意味素性が生成されるときである。

3 2 2 2 格助詞が変数であることを示す証拠

格助詞「を」が変数である（意味素性を持たない）ことを背理法を用いて証明する。

(13a) 「を」が意味を持たないことの証明

今、「を」が意味を持つと仮定する(仮定C)。すると、「を」は次の意味を持つ。

- a 対象 (花子が学校を壊した)
- b 作品 (花子が学校を作った)
- c 出発点 (花子が学校を出た)
- d 通過点 (花子が学校を通った)
- e 性質主 (太郎が学校を情けなく思っている)
- f 動作主 (太郎が花子をそこへ行かせた)
- g 逆接 (お忙しいところをすみません)
- h 詠嘆 (やめておけばよかったものを)

すなわち、「を」=対象=作品=出発点=通過点=性質主=動作主=逆接=詠嘆となる。しかし、これは矛盾である。従って、仮定Cは誤りである。従って、仮定Cの反対、つまり、「『を』は意味を持たない」が正しい。(証明終わり)

例えば、「対象」=「動作主」というのは、「被害者」=「加害者」ということと類似する。これは通常の意味解釈ではあり得ない。「を」が自分独自の意味を持たず、様々な意味に変化する。ということは「を」は変数(未知数)であるということになる。「花子」とか「学校」という名詞は、いわば、値の決定している定数である。「を」自体は方程式でいうと変数 y のようなものである。例えば、方程式 $3y + 3 = 0$ の $3y$ の値はその他の要素との計算によって決定される。同様に、「学校を壊した」の未知数「を」のついた「学校を」の値(意味)も動詞「壊す」によって計算(付与)される。

厳密に言えば、更に、格助詞「を」が音韻素性だけを持っているのではないことを証明する必要がある。SVO型言語では格のような構造素性は音韻的に実現しないので音韻素性の欠如の証明の必要はない。例えば、英語のような言語では格の音韻素性は代名詞に僅かに残っているだけで(he, him, his)

一般的に格は音韻素性を持たない(John loves Mary)。しかし、SOV型言語の場合、日本語や韓国語のように格は音韻素性を伴う場合が多い。よって、「を」が意味素性と音韻素性以外の構造素性を持っていることを言うためには、「を」が音韻素性だけを持っているのではないことを証明する必要がある。「を」が音韻素性だけを持っているのではないことは次のように背理法で証明できる。

(13b) 格助詞「を」が音韻素性だけを持っているのではないことの証明

今、「を」が音韻素性[o]だけを持っていると仮定する(仮定 C')。すると、格助詞「を」が発音されなかった場合、格助詞「を」は存在しなくなるはずである。例えば、「教室に猫がいる」という文で「猫」を発音しない場合、「*教室にがいる」となり異常性を示す。名詞「猫」の存在がなくなる。次の例をみる。

a. もう、ごはん、食べた？

上の文では「を」が発音されなくても、「ごはんを食べる」というふうに格助詞「を」の存在を認識できる。つまり、「を」は存在しなくても、存在する。これは矛盾である。よって、仮定 C'は誤りである。よって、仮定 C'の反対の「格助詞『を』は音韻素性だけを持っているのではない」が正しい。(証明終わり)

帰結として、格助詞「を」は意味素性でも音韻素性でもない第三の素性を持っていることになる。この第三の素性を構造素性とするわけである。以下、問題となる格助詞と係助詞は発音しなくてもその存在が認識できるので、同じように音韻素性だけを持っているのではないことが分かる。この点に関しては以下では証明を省略する。次に、格助詞「が」が変数であることを背理法を用いて証明する。

(14) 「が」が意味を持たないことの証明

今、「が」が意味を持つと仮定する（仮定 D）。すると、「が」は次の意味を持つ。

- a 動作主（太郎が花子を殴った）
- b 感情主（太郎が花子を好いている）
- c 対象（太郎は花子が好きだ）
- d 存在主（学校に花子がいる）
- e 所属（我が国）
- f 所有（君が代）
- g 順接（寒くなって参りましたが、如何お過ごしですか）
- h 逆接（太郎は花子が好きだが、花子は太郎が嫌いだ）
- i 私が犯人です（焦点）

すなわち、「が」=動作主=感情主=対象=存在主=所属=所有=順接=逆接=焦点となる。しかし、これは矛盾である。従って、仮定 D は誤りである。従って、仮定 D の反対、つまり、「『が』は意味を持たない」が正しい。（証明終わり）

以下で、係助詞「は」が変数であることを背理法を使用して証明する。

(15) 「は」が意味を持たないことの証明

今、係助詞「は」が自分独自の意味を持つと仮定する（仮定 E）。すると、「は」は次の意味を持つことになる。

- a 動作主（花子は太郎を殴った）
- b 対象（太郎は花子が殴った）
- c 作品（太郎は花子が育てた）
- d 到着点（大阪駅は花子が今着いた）
- e 出発点（大阪駅は花子がもう出た）
- f 通過点（大阪駅は花子がさっき通り過ぎた）

g 感情主（太郎は花子が好きだ）

h 主題（僕は鰻だ）

すなわち、「は」=動作主=対象=作品=到着点=出発点=通過点=感情主=主題となる。しかし、これは矛盾である。よって、仮説Eは誤りである。よって、仮説Eの反対、「『は』は意味を持たない」が正しい。（証明終わり）

従って、係助詞「は」は変数である。上の証明で「は」を係助詞「も」に置き換えると、「も」も変数であることを証明できる。

3 2 2 3 活用語尾が変数であることを示す証拠

活用語尾（定の時制主要部T）「る」と「た」は変数である。まず、定の基本系活用語尾「る」が変数であることを背理法によって証明する。

（16）「る」が意味を持たないことの証明

今、「る」が意味を持つと仮定する（仮定 F）。すると、「る」は次の意味を持つことになる。

a 過去（猫が金魚を食べるところを見た）

b 現在（猫が金魚を食べている）

c 未来（その猫はその金魚を必ず食べる）

d 未完了（この鞆は、日本に来る時に買いました）

すなわち、「る」=過去=現在=未来=未完了となる。これは矛盾である。よって、仮定 Fは誤りである。よって、仮定 Fの反対、「『る』は意味を持たない」が正しい。（証明終わり）

活用語尾「る」の未完了の用法「日本に来る時に買った」では、鞆を買う時点で、日本に来るという出来事が完了していないという意味での未完了である。このように、時制主要部「る」は自分独自の意味を持たない変数である。

次に、定のタ系活用語尾「た」が変数であることを背理法を使って証明する。

(17) 「た」が意味を持たないことの証明

今、活用語尾「た」が意味を持つと仮定する（仮定 G）。すると、「た」は次の意味を持つことになる。

- a 過去（昨日、猫が金魚を食べた）
- b 現在（あそこの帽子を被った人を見て）
- c 未来（明日、一番早く学校に来た人にこれをあげます）
- d 完了（もうご飯食べた。大きくなったねえ。この鞆は、日本に来た時に買った。）
- e 反実仮想（あと1分遅かったら助からなかった）
- f 命令（残った！残った！・さあ、買った！買った！）
- g 想起（あ、今日は祝日だけど、授業があるんだった！）
- h 期待の実現（あ、あった！）

すなわち、「た」=過去=現在=未来=完了=反実仮想=命令=想起=期待の実現となる。しかし、これは矛盾である。よって、仮定 Gは誤りである。よって、仮定 Gの反対、「『た』は意味を持たない」が正しい。（証明終わり）

以上、格助詞「が」「を」、定の時制主要部「る」「た」が自分独自の意味素性を持たないこと、つまり、それらが計算の結果、解が得られる変数（未知数）であることを示した¹⁵。つまり、ヒト脳の自然言語情報処理において変数が存在する。

文の情報処理計算とは、一つの方程式（単文）の中に複数の変数があっても、連立方程式なしに（複数の単文を必要とすることなしに）その一つの方程式（単文）の中だけで複数の変数に解を与えていくようなものである。一つの方程式の中だけで複数の変数に解を与えることは代数学ではあり得ない。

しかし、母なる自然は、億単位の年数と紫外線・宇宙線などの突然変異誘発要因の助けを借りて、単独の方程式内で複数の変数に解を与えるような経済的で計算効率のよい情報処理システムを約200万年前に自己組織化して創り上げた。

3 2 3 証拠その三

言語システムの構造構築には自己/非自己の区別が存在する。主要部投射は文構造の屋台骨＝自己を形成する。主要部投射の幹に再結合して枝接ぎされる名詞句は非自己である。文構造における自己・非自己の区別は、生成統語モデルにおける高い計算効率を担保する「最小領域」(the minimal domain ; MinD) の前提と「領域」(domain ; D) の定義や、それを前提とした同等距離 (equidistance) の定義の中に含まれている。「領域」の定義を示す。

(18) 「領域」

主要部Xの領域とは、Xの最大投射に含まれる節点の集合から、X、及び、Xの投射を差し引いたものである¹⁶。 (Chomsky 1995 : 178)

よって、Xの領域を含む集合を $D(X)$ 、Xの最大投射 $Max(X)$ に含まれる要素の集合を $M(X)$ 、Xの投射の集合を $P(X)$ とすると、次の等式が成り立つ。

$$(18') \quad D(X) = M(X) - P(X)$$

主要部Xと、Xの投射 $P(X)$ が文構造の屋台骨 (樹形図の幹) を形成する。つまり、Xと、Xの投射 $P(X)$ は文構造にとっての「自己」である。Xの最大投射というのは最終的に主要部Xを核とする構造形成が終了した段階の全体構造である。その全体構造から「自己」＝Xに関連する部分を差し引くと、領域が得られる。つまり、上の等式は、非自己は、全体から自己を引けば得られることを述べている。非自己である領域Dは異成分集合 (heterogeneous set) であ

る。一方、自己である $P(X)$ は同種集合 (homogeneous set) である。領域Dの定義は、文構造の自己と非自己の区別を、非自己を定義することで示している。尚、同じ最小領域MinDにあるものは全て同一距離にあると定義される (ibid., 184)⁷。

何故、これが重要なのか。領域D = 非自己とは何か。言語情報の中には非自己が存在する。構造素性である。構造素性は、それを処理するインターフェースと、それを利用する外部システムが存在しない。だから、構造素性は言語情報処理システムとそれと連絡を持つ外部システムにおいて、非自己である。非自己は早急に照合・消去しなければ、派生は収束せずに崩壊してしまう。領域Dとは構造素性の照合・消去が行われる場所である。構造素性という非自己 (ウィルス) を消去する場所は、文構造の非自己部位である。

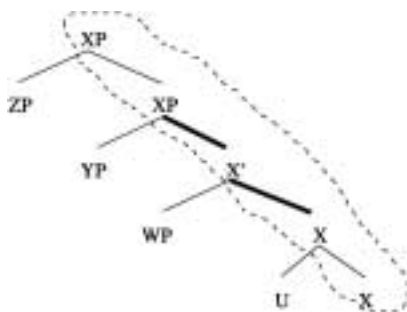
ここで、本稿とChomsky(1995: 178)の違いを確認する。Chomsky(1995)では領域Dから補部領域 (complement domain ; ComplD) を引いた部分 (残滓領域 : residue, checking domain (ibid., 178)) で構造素性の照合・消去が起こる。しかし、本稿では、動詞語幹も構造素性の照合・消去に関与する、つまり、構造のいたる所 (補部領域も含めて) で構造素性の照合・消去は起こる。従って、本稿では次のようになる。

(19) 構造素性消去の場所

構造素性 (= ウィルス = 非自己素性) の照合・消去は、文構造の領域 (= 非自己部位) で起こる。

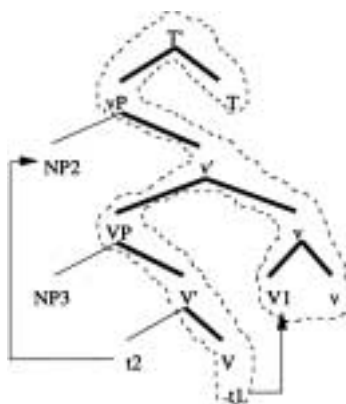
領域Dとは文構造の中の非自己部位のことである。生成統語モデルでは、文構造にとっての、自己部位と非自己部位を定義し、構造ウィルスという非自己素性の照合・消去は文構造の非自己部位で起こるとする。自己部位と非自己部位を模式的に示す。投射を太線で示す。文構造にとっての自己部位を点線で囲む。

(20)



点線内がXの自己である。付加したZPとUは自己の外にある。点線外はXの領域 $D(X) = \{ ZP, YP, WP, U \}$ = 非自己であり、ここで構造素性の照合・消去が起こる。 $D(U) = \{ ZP, YP, WP \}$ である。主要部移動を含む場合を具体的な文構造を使って考える。今、目的語(NP2)が構造素性照合・消去の為、VP補部位置からvP指定部に移動したとする。

(21 a)



連鎖CH(V1, t1)の自己を点線で囲む。この点線で囲んだ部分が、連鎖CH

= (V1, t1) の自己である。CHの最小領域は

(21 b) $\text{MinD}(\text{CH}) = \{ \text{NP2}, \text{NP3}, \text{t2} \}$

で、これがCHにとっての非自己である。連鎖の定義を示す。

(21 c) $\text{CH} = (_1, \dots, _n)$
 (但し、 $n > 1$, $_1 = X^0$)

X^0 とは、ゼロレベルの投射、つまり、主要部のことである。上の構造では、 $n = 2$ の場合を考えている。上の構造について言えば、Chomsky (1995 : 185) によれば次のようになる。

(21 d) 痕跡t2の位置から、NP3の位置とNP2の位置は等距離にある。

つまり、上の構造では、NP3の位置とNP2の位置は見かけ上はNP2の方が構造的に高く見えるが、NP2もNP3も距離的には同等と計算される。つまり、牽引の観点から言えば、次のようになる。

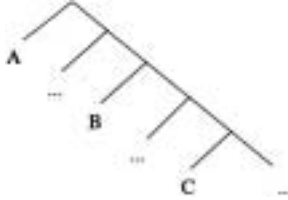
(21 e) NP2, NP3, t2は、Tから等距離にある。

つまり、 $\text{MinD}(\text{CH})$ にあるものは、構造計算上、全て等距離にあると見なされる。

今、もし、仮に、同一最小領域内の要素は同等距離にあるという定義がなかったとする。TはNP3の主格構造素性を照合・消去しなければならない。さて、TからNP2までの距離と、TからNP3までの距離を比べる。自然言語の距離計算の規則を示す。

(21 f) AがBを統御し、BがCを統御する場合、Aから最短距離にあるのはBであって、Cではない。

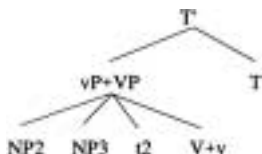
(21 g)



上の構造で、Aから最短距離にあるのはBであって、Cではない。Cから最短距離にあるのはBであって、Aではない。

さて、構造(21a)で、TはNP2を統御し、NP2はNP3を統御する。よって、Tから最短距離にあるのはNP2である。移動は最短距離で起こる(経済性原理)。NP3のTへの移動(再結合)はNP2によって阻止される(相対最小性原理(Rizzi 1990)⁸)。しかし、実際はNP3はNP2を越えてTP指定部に移動する。何故、相対最小性原理は無効となるのか。今、Vがvに付加したとする。連鎖CH=(V1, t1)の最小領域(非自己)MinD(CH)は点線部の外である。同じ最小領域内の要素は同等距離にある。つまり、NP2もNP3もTから等距離で最短距離にある。よって、NP3はNP2を越えてTP指定部に移動する。Vがvに移動しなかった場合は、Tから最短距離にあるのはNP2であってNP3ではない。しかし、Vがvに移動した場合は、NP2もNP3もTから等距離になる。つまり、Vがvに移動することによって、vP・VPの階層性が壊されぺしゃんこの平板構造として再計算される。

(22 a) V.to.v移動後



上の構造ではNP2もNP3もTから同等距離となる。つまり、Vのvへの付加という主要部移動が起こるということは、対称性が保存される（距離の違いが消える）ということである。つまり、主要部移動は対称性を保存する演算である。一方、主要部移動が起こらないということは、対称性が崩れたままである（距離の違いが現れている）ということである。構造の組み立て自体が自発的な対称性の崩れである。つまり、文構造自体は対称性が崩れている。主要部移動は、全体的な非対称的な構造の中で、局所的、一時的に、対称性を取り戻す操作である。言語システムは、主要部移動を行うことで局所的な対称性の取り戻し、牽引対象の選択の幅が増やしている。

最小労力原理により、移動は最短距離で起こらなければならない。次の各ペアの例（b）は、最短距離移動が失敗した例である。

(22 b) a . Whom₁ did John persuade t₁ [to visit whom₂] ?

b . *Whom₂ did John persuade whom₁ [to visit t₂] ?

(Chomsky 1995 : 181)

(22 c) a . It seems that John₁ is certain [t₁ to fix the car]

b . *John₁ seems that it is certain [t₁ to fix the car]

(22 d) a . How will₁ John t₁ fix the car?

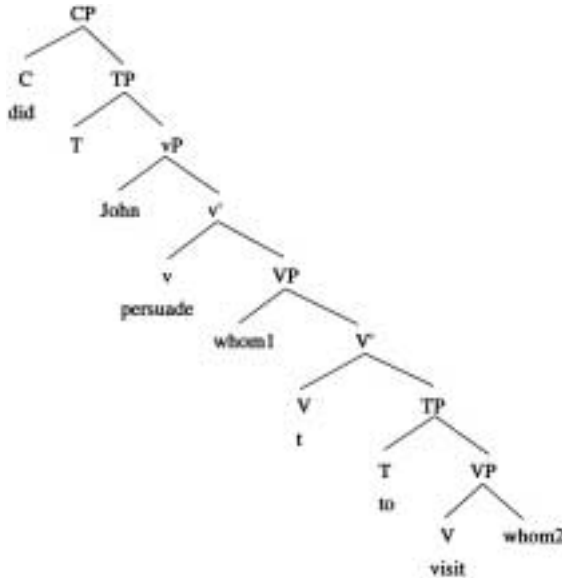
b . *How fix₁ John will t₁ the car?

(cf. Rizzi 1990)

例（22b）は演算子移動、（22c）は項移動、（22d）は主要部移動の例である。

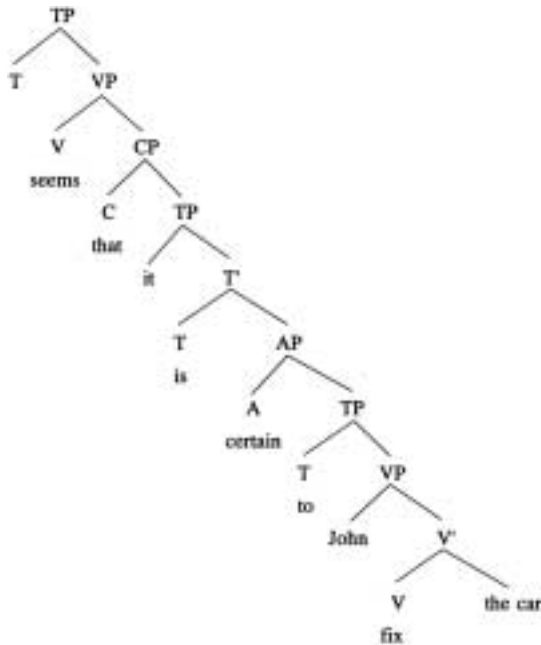
各ペアの (b) で最短距離移動が失敗している。(22b.b) では主節Cは自分から最短距離にあるwhom1を牽引していない。(22c.b) では主節Tは自分から最短距離にあるitを牽引していない。(22d.b) では主節Cは自分から最短距離にあるT = willを牽引していない。(22b.b)(22c.b)(22d.b) の移動前の構造を単純化して示す。各構造ごとに解説する。

(22b.b')



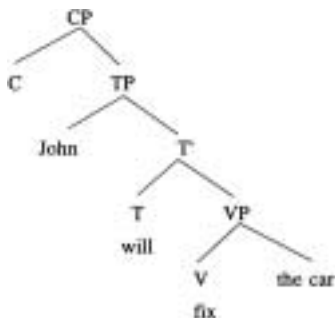
主節動詞はvP外殻構造を持つ。主節Vは主節vに付加する。不定T = toは主節V = persuadeに付加しない。よって、CH = (persuade, t)のMinD = { John, whom1, TP }である。whom1はwhom2を統御している。つまり、whom1とwhom2は同一MinD内にはない。よって、主節Cから最短距離にあるのはwhom1であって、whom2ではない。主節Cは自分から最短距離のwhom1を牽引しなければいけない。しかし、(22b.b) では主節Cはwhom2を牽引しているので最小労力原理の違反が起きている。(22c.b) の移動前の構造を示す。

(22c・b')



虚辞itを含むMinDは{ it , AP }である。Johnを含むMinDは{ John , the car }である。つまり、itとJohnは同一MinD内にはない。itはJohnを統御する。よって、最上位の主節Tは自分から最短距離にあるitを牽引しなければならない。しかし、(22c・b)では主節TはJohnを牽引している。これは最小労力原理の違反である。(22d・b)の移動前の構造を示す。

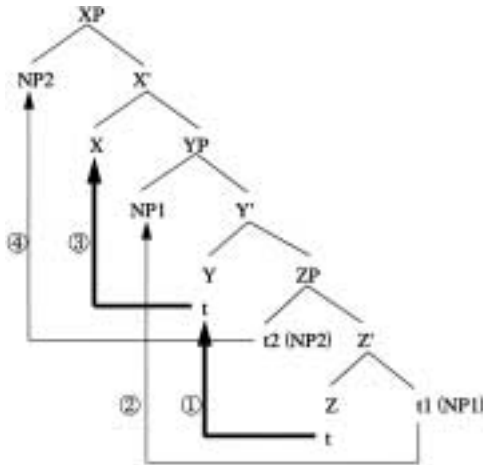
(22d・b')



willを含むMinDは { John , VP }である。fixを含むMinDは { the car }である。つまり、willとfixは同じMinD内にはない。よって、主節Cはfixではなく、willを牽引しなければいけない。しかし、(22・d・b)では主節Cはfixを牽引しているので、最小労力原理違反が生じる。

主要部移動と名詞句移動は順番が決定している。つまり、主要部移動は結果的に対称性を保存する演算であるが、移動自体は対称性が崩れている（移動の順番が決まっている）。

(22 e)



主要部移動は太線で、名詞句移動は細線で示してある。移動の順番①②③④は決定している。つまり、主要部移動①によってMinDの範囲が拡大し、その中にYP指定部もZP指定部も含まれるようになる。つまり、痕跡 t_1 の位置から、ZP指定部もYP指定部も同等距離となる。よって、NP1はNP2を飛び越えてYP指定部に移動できる。これは牽引の観点ではなく、移動の観点から同等距離の計算を行っている。

ここで名詞句移動がZP補部位置からZP指定部を飛び越えて、YP指定部に移動する場合、常に、主要部Zが主要部Yに移動（付加）する。このことは背理法で証明できる。

(22 f) 目的語が主語を飛び越えて直上の投射の指定部に移動することの証明

今、ZがYに移動しないと仮定する（仮定H）。牽引の観点からみると、YにとってはZP指定部もZP補部も自分から最短距離にある。何故なら、ZP指定部とZP補部は同一MinD内にあるからである。よって、YはNP1

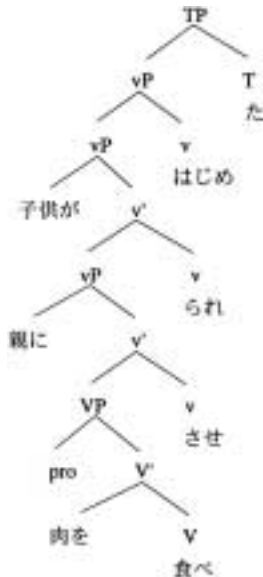
を牽引できる。しかし、移動の観点からみると、ZP補部の位置から最短距離にあるのはZP指定部のみである。よって、NP1はYP指定部へは移動できない。すなわち、仮定 Hの下では、NP1はYP指定部への移動が可能であり、かつ、不可能である。これは矛盾である。よって、仮定 Hは誤りである。よって、仮定 Hの反対「ZはYに移動する」が正しい。(証明終わり)

つまり、目的語が主語を越えて移動する場合、主要部移動がその目的語移動成立の前提条件になっている。逆に言えば、目的語が移動しない場合は主要部移動が起こらないということになる¹⁹。上の議論は、等距離計算は牽引の観点ではなく、移動の観点から行わなければならないということを示している。実際、主要部移動③が起これば、XP指定部とYP指定部が等距離となり、ZP指定部にあるNP2が、移動済みのNP1 (YP指定部) を越えてXP指定部位置に移動できる(移動④)。牽引の観点から考えると、主要部移動③が起これば、YP指定部とZP指定部は同一MinD内にないので、XはNP2を牽引できないということになる。等距離計算の問題を移動の観点から考えるというChomsky (1995) のやり方が正しいということになる。しかし、ここでは移動と牽引の観点の問題に関しては今後の課題としておく。

では、主要部移動前の対称性の崩れと、主要部移動後の対称性の保存を、どのように考えればよいのか。本稿では、主要部移動が起これることによって、2次元の平面的な文構造構築空間が2次元以上3次元以下の、つまり、正の整数以外のフラクタル次元として湾曲し、曲面空間になると本稿では提案する²⁰。つまり、この問題はフラクタル次元や非ユークリッド幾何学の測地線の問題と関連する。この問題に関しては次のセクションを参照されたい。

さて、文構造の自己と非自己は異なる性質を持つ。具体例を挙げ解説しながら列挙する。まず、外的結合と発音の関係について、次の例を考える。

(23)



proは発音されない代名詞で「子供」を指し示す。上の構造の全ての要素は外的結合で現れる。脳内辞書から部品を抽出して部品リストN (numeration : 数え上げ) が作られる。上の要素はNから直接取り出されて構造構築空間で結合される。意味役割は、動詞語幹「食べ」は「野菜」に[対象] proに[動作主]を、使役助動詞「させ」はVPに[出来事]「親」に[使役者]を、受動助動詞「られ」はその姉妹vPに[出来事]「子供」に[被害者]を付与する。このまま発音された場合を示す。構造素性の照合・消去は省略する。

(24) 子供が親に肉を食べさせられはじめた

今、構造は下から上に構築されると仮定する²¹。名詞句の外的結合の順番と発音の順番を示す。proは発音されないので省略する。

- (25) a 外的結合の順番 = < 肉を, 親に, 子供が >
 b . 発音の順番 = < 子供が, 親に, 肉を >

外的結合の順番と発音の順番が逆順である。逆順という余分な操作を含むので計算効率が低い。外部システムにとっても分かりにくい。次に主要部の場合を示す。

- (26) a 外的結合の順番 = < 食べ, させ, られ, はじめ, た >
 b . 発音の順番 = < 食べ, させ, られ, はじめ, た >

主要部結合の場合、外的結合の順番がそのまま発音の順番となる。順番を逆順にするという余分な操作を含まないので計算効率もよく、外部システムにとっても分かり易い。

次に、内的結合と発音の関係を考える。三個の名詞句の場合、内的結合で6通り ($3! = 3 \times 2 \times 1 = 6$) の順番の入れ替えが可能である。つまり、対称性が保存されている²²。

- (27)

{	子供が親に肉を
	子供が肉を親に
	肉を子供が親に
	親に子供が肉を
	肉を親に子供が
	親に肉を子供が

食べさせられはじめた

基本的な意味の変化なしに配列転換が可能である。対称性が保存されている。しかし、厳密な意味分析で僅かな意味の違いも抽出できるかもしれない。格助詞の変化を伴う名詞句の配列転換 (e.g., 能動文vs. 直接受動文) では焦点化の明確な違いがある。配列転換は読み取り問題を解決する方法である。一

方、主要部の場合、順番の入れ替えは対称性が崩れている。五個の主要部の可能な入れ替えは $5! = 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 120$ 通りである。

- (28)
- | | | |
|---------|---|-----------------------|
| 子供が親に肉を | { | a . 食べさせられはじめた |
| | | b . *食べられさせはじめた |
| | | c . 食べはじめさせられた |
| | | d . *食べはじめられさせた |
| | | e . *食べられはじめさせた |
| | | f . 食べさせはじめられた |
| | | g . *はじめ食べさせられた |
| | | h . *させ食べられはじめた |
| | | i . *られ食べさせはじめた |
| | | j . *た食べさせられはじめ , ... |
- (以下、残り110個は容認されない順番)

120通りの順列組み合わせの中で容認されるのは3個(2.5%。97.5%は異常性を示す)で、意味も異なる。120通りの語順の中から、1個の特定の語順(0.83%)だけが1個の特定の意味に結びつく。対称性は崩れている。名詞句の配列転換と違い、結晶構造のように配列が決定している。余分な計算が省け、メモリ負担も最小で済む。

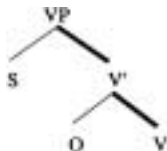
次に、個別言語間の変異度を考える。名詞句の場合は個別言語間の変異度は、主語(S)、目的語(O)、動詞(V)に限定すれば、六種類である($3! = 3 \times 2 \times 1 = 6$)。地球上の自然言語約6000~7000における割合も示す。

(29) SOV(45%), SVO(35%), VSO(18%), VOS, OSV, OVS

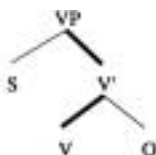
自然言語の語順の8割はSOVかSVOである。対称性が崩れる傾向にはある。しかし、全ての語順が可能であるので対称性は保存されている。SOVとSVO

の構造を示す。

(30) a SOV構造

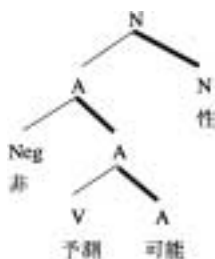


b SVO構造

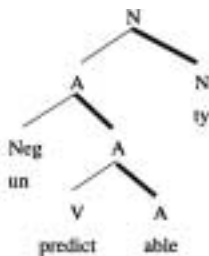


尚、構造関係にVとOの左右関係を含めるかどうかに関しては議論がある²³。
 主要部結合（語形成）は対称性が崩れている。SOV型の日本語とSVO型の英語の語形成をみる。

(31) a 非予測可能性²⁴



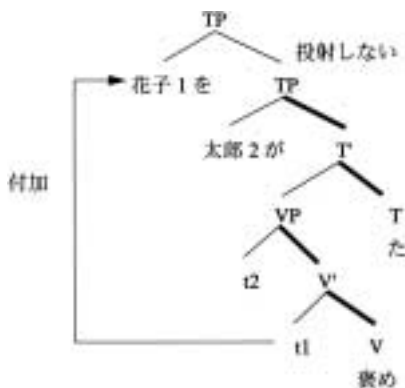
b unpredictability



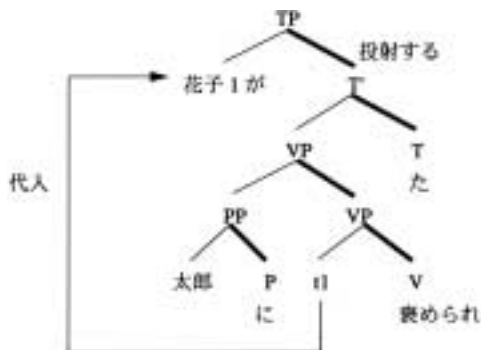
語形成は主要部結合である。語形成では投射構造が同じである。どちらも右側が投射し幹を形成し、枝接ぎによる小枝は左側に伸びる²⁵。主要部結合で対称性が崩れていることは、日本語や韓国語など膠着型言語の述語における動詞語幹、補助動詞、活用語尾間の主要部結合による語順が相対的に決定している（対称性が崩れている）ことから分かる。Stewart (2007) によれば、対称変換とは構造が保存される変換のことである。そうすると、かきませ (scrambling)、焦点移動、主題移動、疑問詞移動、解釈不能な構造素性の照合・消去に伴う名詞句移動などは、対称変換である。一方、構造が保存されない受動態・使役態などの態変換は対称変換ではない。

次に、名詞句と主要部の結合方式の違いを考える。名詞句の再結合は、付加、または、代入（主要部の投射を含む）の二種類である。

(32) 花子を太郎が褒めた (かき混ぜ文)

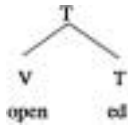


(33) 花子が太郎に褒められた (直接受動文)

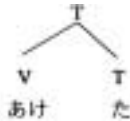


代入 (33) のほうが付加 (32) より投射する分コストが高い。一方、主要部結合は付加のみである。

(34) a .



b .



付加は操作前と操作後で新しい要素は生み出さない。付加構造では二個のTで一個の範疇である。VとTは姉妹ではない。よって、VはTを超えて他者を統御する。構造計算上は、V + Tひとまとまりで行動する。付加は投射という枝の生長を含まない。投射は操作前と操作後では、操作後に新しい性質を持つ結合物ができる。つまり、付加結合では結合する二者は結合後に融合して一個になるのに対して、投射を含む代入では結合する二者は結合後に融合せず、二者の結合物はこれまでにない新しい要素である。つまり、付加では融合という情報の消失が起こり、代入では新しい結合物の誕生という情報の追加が起こる。よって、投射を含む代入のほうが、メモリの負担が大きく、コストが高い。

次に、意味役割付与に関してであるが、主要部から名詞句へ付与される。つまり、意味役割に関して、主要部は宿主で、名詞句は寄生者である。以上を表にまとめる。

(35 a) 文構造における自己（主要部投射）と非自己（名詞句など）の比較

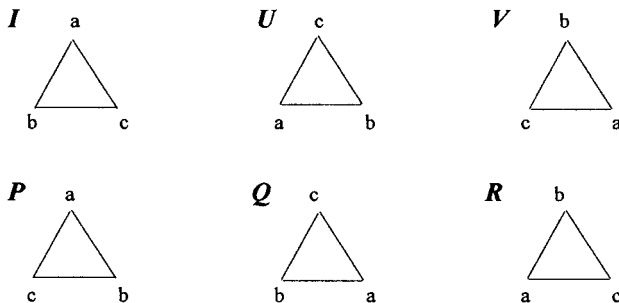
	自己（主要部投射）	非自己（名詞句など）
外的結合と発音の関係	外的結合の順番(出てきた順番)で発音される。外部システムにとって分かり易い。メモリ負担小。	外的結合と内的結合が錯綜し、外的結合の順番と発音の順番は相関しない。構造形成で早い段階で出るものは最後に発音される。発音は構造形成と逆順である。外部システムにとって分かりにくい。メモリ負担大。
内的結合と発音の関係	対称性が崩れる。外的結合で順番が決定する。移動の自由度が低い。外部システムにとって分かり易い。メモリ負担小。	対称性が保存される。外的結合で順番が決定しない。移動の自由度が高い。外部システムにとって分かりにくい。メモリ負担大。
個別言語間の変異度	主要部付加による語形成では全ての自然言語で同一の順番が保たれる。対称性が崩れている(語順が決定する)。外部システムにとって分かり易い。メモリ負担小。	名詞句の順番は個別言語で違う(SOV,SVOなど6種類)。語順の対称性が保存される(語順が決定しない)。外部システムにとって分かりにくい。メモリ負担大。
結合者の労力	主要部結合は投射より低コストの付加である。構造形成の労力が小さい。	名詞句の再結合は付加、または、投射を含む。構造形成の労力が大きい。
結合のタイミングと労力	音インターフェースで起こる。そのまま発音されるので低コスト。	組み立て過程でも起こる。音インターフェースへの送信の分、コスト大。
宿主か、寄生者か。	実質主要部は意味役割を含む。文の意味を持つ主要部は、文そのもの、文にとっての自己である。	主要部から意味役割を付与される。名詞句は主要部=宿主への寄生者=非自己である。
個体的か、液体的か。	個体(結晶)的。対称性が崩れている分、外的結合された段階で情報は決定する。情報追加は不可。	液体的。または、気体的。対称性が保存されている分、外的結合の際、情報は未決定。情報追加が可能。

外部システムにとってだけでなく、言語システムにとっても名詞句は非自己

である。しかし、言語システムは、非自己である名詞句の助けを借りなくてはならない。つまり、外部システムの要請する読み取り問題を解決するため、言語システムは、移動の自由度の高い名詞句（対称性が保存されていて、情報が決定されず、よって、情報の追加が可能である要素）を利用して最適解を出さなければならない。自己である主要部は移動の自由度が低く、最初から対称性が崩れているので、つまり、最初から情報が決定していて、新しい情報を追加することができないので、言語システムが読み取り問題に柔軟に対応しながら解決していくのには役に立たないからである。

ここで、Stewart (2007) を参照しながら、群論の最も強力な手法の実例である、正三角形の対称変換の結果による掛け算表と、3 次方程式の根の 6 個の置換による掛け算表の一致を紹介し、ヒト自然言語の語順置換の問題との関連を探る。群論とは、フランスの数学者・革命家であったガロア (Évariste Galois, 1811-1832) が体論などとともにその先見的な研究を行ったもので、数学や物理学の基盤となっているものである。次のような正三角形の対称変換と置換との対応関係を考える。

(35 b) 正三角形の対称変換と置換との対応関係 (Stewart (2007) を参照)



I を基本の正三角形とする。 I (恒等変換: I を動かさない (0 度)), I を一回転させる (360 度), U (I を反時計回りに 120 度回転), V (I を反時計回りに 240 度回転) は回転による対称変換である。一方、 P (I の頂点 a を鏡の上部に合

わせた I の鏡像), Q (I の頂点 b を鏡の上部に合わせた I の鏡像), R (I の頂点 c を鏡の上部に合わせた I の鏡像) は鏡映による対称変換である。上の正三角形の対称変換の結果による掛け算表と、3 次方程式の根に対する 6 通りの置換における掛け算表は一致する。その掛け算表を示す。

(35 c) 正三角形の対称変換の掛け算表 = 3 次方程式の根の置換の掛け算表

	I	U	V	P	Q	R
I	I	U	V	P	Q	R
U	U	V	I	R	P	Q
V	V	I	U	R	P	Q
P	P	Q	R	I	U	V
Q	Q	R	P	V	I	U
R	R	P	Q	U	V	I

まず、約束事として、 X 行 Y 列で、積 XY となる。積 XY とは、まず、基本の I に、規則 Y を適用し、次に、規則 X を適用することである。例えば、積 VU の場合、まず、基本の I に規則 U を適用する。規則 U とは、最後の要素を最初に持ってくるという規則である。つまり、基本の $I = \langle a \ b \ c \rangle$ が、最後の c を最初に移動されて $\langle c \ a \ b \rangle$ となるという対称変換である。次に、この結果である $\langle c \ a \ b \rangle$ に規則 V が適用される。規則 V とは、最初の要素を最後に持ってくるという規則である。この結果は、 $\langle a \ b \ c \rangle$ となる。これは基本の I である。積 VU の結果は基本 I となる。同様に、積 UV の結果も基本の I となる。では、積 VV をどうなるのか。基本の $\langle a \ b \ c \rangle$ に規則 V を適用すると、 $\langle b \ c \ a \rangle$ となる。この結果に、再度、規則 V を適用すると、 $\langle c \ a \ b \rangle$ となり、これは U である。また、積 UU は、 $\langle a \ b \ c \rangle$ が $\langle c \ a \ b \rangle$ となり、次に $\langle b \ c \ a \rangle$ となり、これは V である。

さて、掛け算の結果が元に戻る場合、つまり、結果が基本の I となる場合は、

(35 d) $I \times I, V \times U, U \times V, P \times P, Q \times Q, R \times R$

の6個である。 U と V 以外は、自分に自分を（同じものどうしを）掛け合わせた結果は、自分となって表の対角線上に出る。しかし、先述のように、120度回転の U と240度回転の V どうしの掛け算だけは元の自分に戻らない。つまり、

(35 e)

$$U \times U = \langle c \ a \ b \rangle \times \langle c \ a \ b \rangle = V = \langle b \ c \ a \rangle$$

$$V \times V = \langle b \ c \ a \rangle \times \langle b \ c \ a \rangle = U = \langle c \ a \ b \rangle$$

となる。 $U = \langle c \ a \ b \rangle$ とは基本の $I = \langle a \ b \ c \rangle$ の最後の c を最初に持ってくるという規則なので、この規則 $\langle c \ a \ b \rangle$ を $\langle c \ a \ b \rangle$ に適用すると、 b が最初に来て、 $\langle b \ c \ a \rangle = V$ となる。また、 $V = \langle b \ c \ a \rangle$ とは基本の $I = \langle a \ b \ c \rangle$ の最初の a を最後に持ってくるという規則なので、この規則 $\langle b \ c \ a \rangle$ を $\langle b \ c \ a \rangle$ に適用すると、 b が最後に来て、 $\langle c \ a \ b \rangle = U$ となる。では、先述の名詞句と動詞の置換と、述語内の主要部の置換を、群の考え方に即して調べる。次の例を考える。

(35 f) <太郎が，花子に，惚れた>

a b c

名詞句と動詞の場合、 $\langle a \ b \ c \rangle$, $\langle a \ c \ b \rangle$, $\langle b \ a \ c \rangle$, $\langle b \ c \ a \rangle$, $\langle c \ a \ b \rangle$, $\langle c \ b \ a \rangle$ の6通りの置換が可能である。「太郎が花子に惚れた」を3次方程式とすると、この方程式の根である a , b , c に対する6通りの置換における掛け算の結果は、(35c)のように全て置換に対して対称的となる（全ての掛け合わせの結果が許される）。文の名詞句と動詞の置換が対称的であるとは、SOV , SVO , OSV , OVS , VSO , VOSの6通りの語順が、その出現確率はSOVとSVOに偏っているとはいえ、可能であるということである。名詞句移動は主要部移動により最短距離移動が確保されるので、比較的自由的な移動が可能となる。では、次に、述語内の主要部の置換の場合を考える。惚れ = $V = a$,

られ = $v = b$, た = $T = c$ とする。

(35g) <惚れ , られ , た>

a b c

述語内主要部の置換は、基本の<a b c>の置換のみが許され、残りの<a c b> , <b a c> , <b c a> , <c a b> , <c b a>は許されない。例えば、「*惚れたられ」や「*られ惚れた」はヒト言語表現型として許容されない。つまり、 I , U , V , P , Q , R を規則とみると、その掛け算の結果は、基本的な恒等変換である I しか許されない。上のヒト言語の述語内主要部を3次方程式とみた場合、その方程式の根に対する6通りの置換における掛け算表は、次のように制約の厳しいものになる。掛け算の結果が許されないことを*で示す。

(35h) ヒト言語の述語3次方程式の根に対する6通りの置換における掛け算表

	I	U	V	P	Q	R
I	I	*	*	*	*	*
U	*	*	I	*	*	*
V	*	I	*	*	*	*
P	*	*	*	I	*	*
Q	*	*	*	*	I	*
R	*	*	*	*	*	I

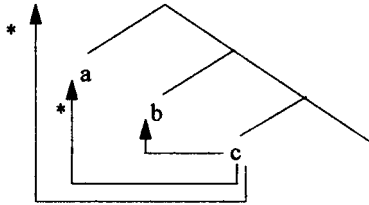
興味深いのは、 P , Q , R の鏡映変換どうしの掛け算は基本の I となるので許されるが、回転変換の U どうし、 V どうしは基本の I とならないので許されないということである。しかし、何故、 U どうしの掛け合わせ、 V どうしの掛け合わせが排除されるのか。次のように考える。 U と V という規則を再録する。

(35i) $U = <c a b>$

$V = <b c a>$

規則 U は、基本の $I = \langle a \ b \ c \rangle$ の最後の c を、 $a \ b$ を飛び越えて最初に持ってくるというものである。規則 V は、基本の $I = \langle a \ b \ c \rangle$ の最初の a を、 $b \ c$ を飛び越えて最後に持ってくるというものである。或いは、3 要素とも全て入れ替わっている。入れ替えにコストがかかると考えると、対称変換 U 、 V はコストが高い。 $a \ b \ c$ を主要部と考えると、実は、このような置換の禁止は、自然言語分析の中では Rizzi (1990) の相対最小性原理 (Relativized Minimality) として定式化されている。つまり、主要部は主要部を飛び越えて移動できないという法則である。次の主要部構造を考える。排除される移動操作を * で示す。

(35 j)



この場合、主要部 c が移動 (付加) できるのはすぐ上の主要部 b に限定される。主要部 c が a に移動したり、それより上の位置に移動するのは相対最小性原理に違反するので排除される。相対最小性原理は、最短距離移動を要請するので、メモリ負担の軽減に貢献する。つまり、相対最小性原理は、経済性原理に還元される。従って、述語内主要部の置換で、120度と240度の回転変換が排除されるのは、この変換がコストが高いからである。母語獲得の際に働く自然言語計算システムでは計算効率性が最優先されるので、 U と V のようなコストのかかる変換は排除される。

そもそも、鏡映変換の P 、 Q 、 R と、回転変換の U と V を比較すると、鏡映変換の場合は 2 者間の置換 (2 要素だけを入れ替えるので相対的にコストが低い) つまり、置換は低コストの最短距離で起こっているのに対して、回転変換の場合は 2 個の要素を飛び越す (3 要素とも入れ替える) 置換なので高

コストの遠距離移動が起こっている。つまり、自然言語の文構造組み立ての核となる述語内主要部の置換では鏡映変換のみが許され、回転変換は許されない。そして、鏡映変換と回転変換の計算コストを比較すると、鏡映変換の方が低コスト（メモリ負担小）である。ここで、自然言語計算という物理的システムが、低コストを要請する経済性原理に支配されているという事実を、群論の鏡映変換と回転変換の違いとして、説明できる可能性が拓ける。

鏡映変換の P, Q, R どうしの掛け算の結果が基本の I となり、その I のみが述語内主要部の置換として許されるということは、例えば、SOV型言語の日本語と、SVO型言語の英語の文構造が鏡像関係にあることと通底しているのではない。群論における正三角形と3次方程式の根の対称変換と置換との対応関係や掛け算の結果と、自然言語の文や述語を3次方程式とみたてた場合の対称変換と置換との対応関係や掛け算の結果は、偶然とは思えない程の相関と関連を示す。群論は物理学的な対象に潜む対称性を探り出す強力な道具である。ヒト脳情報処理の働きである自然言語は物理学的・経験科学的な自然物である。ということは、群論は、自然言語に潜む対称性を探る道具として有効である。数学では、群論という道具を使って、多次方程式の解（根）の公式に由来するような、その解の置換の体系の構造的特徴を探る。物理学では、群論という道具を使って、物理学的な体系の構造的特徴を探る。同じように、自然言語を経験科学的に分析する生物言語学では、群論という道具を使って、母なる自然が自己組織化して創造したヒト脳の情報処理計算という物理学的な体系の構造的特徴を、自然言語の観測を通して探っていけるはずである。

3 3 主要部移動後の領域統合によって最短距離が増えるのは、文構造が平面から曲面に変質して測地線が出現するからである

上で、生成統語モデルでは、文構造は、自己部位 = 非領域 = 非Dと、非自己部位 = 領域 = Dを持つと仮定して移動現象を説明しようとしていることを紹介した。領域Dの中でも最小の部分を最小領域MinD（minimal domain）と呼

ぶ。MinDという非自己部位で、構造素性 = 変数 = ウィルスが照合・消去される。MinDの定義によって決定される範囲は固定的ではない。主要部移動が起こった場合、主要部の移動に応じて、時々刻々とMinDが拡張されていく。MinD内の全ての要素は等距離とみなされる。移動（原型の複写 + 複製の再結合）というヒトの自然言語にのみ観察される現象を説明するために距離計算は重要である。ヒトがヒト脳を駆使して作った人工言語には要素が意味素性を付与される位置ではないところに再結合されるというような移動現象はない。移動現象は、ヒト自然言語にとっては一般的な現象である。経済性原理（最小労力原理）によって、移動は最短距離で起こると仮定される。

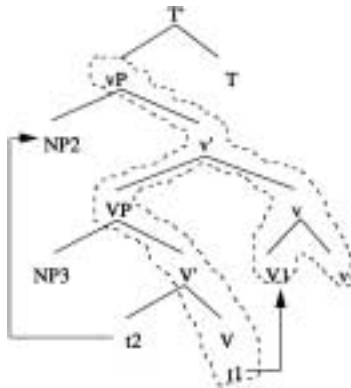
これは、例えば、物理学で、質量0の光子（フォトン：電磁力の力の仲立ちをする。粒子と波動の性質を持つ）は、重力によって湾曲している時空間という曲面上を最短距離で移動するという仮説と同じ仮説を設定している。もし、これが夢物語でないならば、有機物（タンパク質の塊）であるヒト脳の情報処理システムにおいて、無機物を支配する物理的法則が働いていることになる。これは興味深い。しかし、タンパク質のような炭素原子を含む有機物も光のような炭素原子を含まない無機物も、どちらも究極的には波動パターンという情報の様々のタイプの重ね合わせであるということを考えると、有機物と無機物で同じ法則が働いていることは不思議ではない。

身近な例では、光は水面で屈折・反射するが、これは光が通過する時空間の性質が空気中（摩擦率小）と水中（摩擦率大：光子が水の分子にぶつかる）では異なるからである。真空中では秒速30万kmの光の速度は、水中では秒速22万5千kmに減速する（ダイヤモンド内では秒速12万4千km）。これは、光を、舗装道路から砂地に斜めに進入する車に譬えると分かり易い。車の前方右車輪から先に砂地に進入したとする。前方右車輪は砂地に入った瞬間に減速する。一方、前方左車輪はまだ舗装道路上にあるので減速しない。前方右車輪が減速して、前方左車輪が減速しないので、車両は右側に曲がる。つまり、前方の左右車輪に独立したブレーキを搭載した車の、前方右車輪だけブレーキを踏んだような事態である。これが光の屈折である（水谷 2007b）。しか

し、光に言わせれば、光は自分が移動している時空間を常に最短距離で真っ直ぐに時速10億8千万kmで進行しようとしているのである。ただ、光が通過する時空間の性質の違いに応じて光速が変化するのである。また、重力が大きくなればなるほど、光は重力によって後ろ髪を引かれるので遅くなる。つまり、重力が大きくなると、時間が遅れる。例えば、1Gの地球の1秒は無重力時空間1秒に比べて10億分の1秒遅い。10Gの木星の1秒は無重力時空間の1秒より1000万分の1秒遅い。3000Gの太陽の1秒は無重力時空間の1秒より100万分の1秒遅い。パルサーのような1億Gの中性子星（現在約550個発見、質量は太陽程度（地球の33万倍）だが半径が数kmしかない（地球の半径は6378km））の1秒は無重力時空間の1秒より10分の1秒遅い（竹内2001：24.25）。つまり、中性子星上では光の速度は無重力時空間より10分の1だけ遅くなる。地球上での50年間に流れる時間は、中性子星上では10%分（5年間分）時計が遅く進むので、45年間分の時間に対応する。つまり、地球上の50年間の時間は、中性子星上の45年間の時間と同じである。例えば、地球上で同じ時刻に生まれた双子のAちゃんとBちゃんのうち、誕生後にAちゃんは地球上で、Bちゃんの中性子星上で育てられた場合、50年後の地球上のAさんは50歳になっているが、中性子星上のBさんは、まだ45歳であり、Aさんより5歳若くなっている。しかし、ここでも光の気持ちとしては、時空間の性質に従って、いつでもどこでも時速10億8千万kmで飛んでいる。中性子星上では地球上に比べて後ろ髪の引っ張られ方（重力）が少し大きいだけである。

さて、言語システムの話にもどる。主要部移動によって、本来は移動できない位置への移動が最短距離で移動可能となる。つまり、主要部移動によりMinDが拡張されることで、等距離とみなされる範囲が拡大し、その結果、最短距離移動の道筋の選択枝の幅が増えるということである。ここでは、このMinDの拡張によって最短距離移動の選択の幅が増えることを、非ユークリッド幾何学、リーマン幾何学、位相幾何学的に表現する²⁶。まず、問題となる文構造（21a）を（36）として再提示する。

(36) (= 21a)



上では主要部移動が起こっているが、まず、主要部移動が起こらなかった場合を考える。V・to・v主要部移動がない場合は、(36) は平面として計算される。平面 (36) において、VP補部位置 (t2の位置) から最短距離にあるのはVP指定部であり、vP指定部ではない。何故なら、主要部移動がない場合、vP指定部が含まれるMindは vP指定部、VP }であり、VP指定部が含まれるMinDは VP指定部、VP補部 }だからである。両者は共通集合を持たない。よって、VP補部位置にあるNP2のvP指定部位置への移動は、最短距離移動の要請違反になる。ところが、V・to・v主要部移動が起こると、vP指定部位置もVP補部から最短距離圏に入ってくる。つまり、最短距離圏が拡張する。もう少し日本語の例で考える。

(36 a) a . その薬を飲みたい

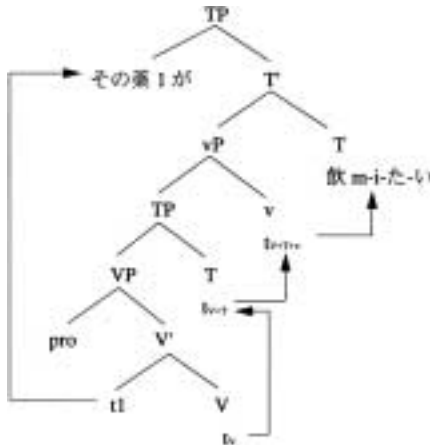
b . その薬が飲みたい

(36 b) a . その薬を飲みはしたい

b . *その薬が飲みはしたい

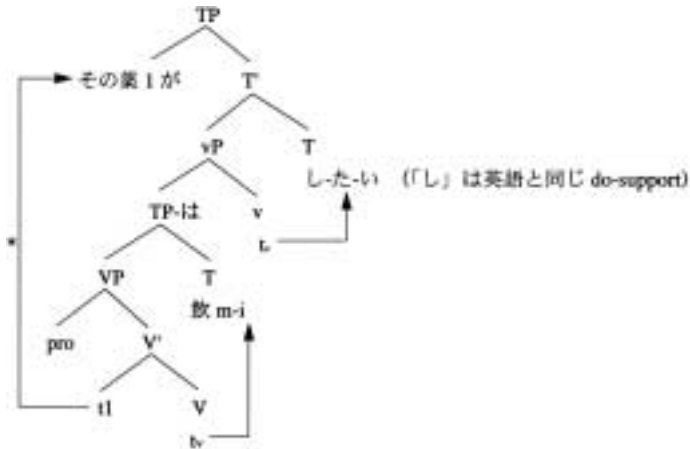
問題は (36a・b) と (36b・b) の差である。何故、述語内に係助詞「は」が入ると主格の格助詞「が」はとれないのか。本稿では次のように考える。(36a・b) では主要部移動が起こっている。その結果、名詞句「その薬が」がTP指定部に移動可能となる。一方、(36a・b) では係助詞「は」によって主要部移動が阻止される。その結果、「その薬が」がTP指定部に移動できず、構造素性の消去ができない。図示する。

(36c) χ = 36a・b)



VP指定部のproは発音されない代名詞で、動詞語幹「飲 m」から【動作主】の意味役割を付与される。ここで連鎖CH=(飲 m・i・た・い, t_v , t_{v+T} , t_{v+T+v})のMinDを考える。すると、 $\text{MinD}(\text{CH})=\{\text{TP指定部}, \text{VP指定部}, \text{VP補部}\}$ となる(厳密には全ての投射の指定部)。つまり、VP補部位置(t_1)からVP指定部位置とTP指定部は等距離である。従って、「その薬が」はVP指定部のproを飛び越えてTP指定部に移動し、格助詞「が」の持つ構造素性を消去できる。次の(36b・b)の構造を示す。

(36 d) = 36b.b)



上の構造では「その薬が」はTP指定部への移動は禁止される。何故なのか。それは、係助詞「は」の介在が主要部移動を阻止するからである。動詞語幹Vは不定Tに付加する。この不定TPに係助詞「は」が付加し、対比の意味を担う。しかし、主要部移動はここで一旦途切れる。それは軽動詞「する」が助動詞「た」に付加することから分かる。これは派生崩壊を防止するために最終手段的に「する」が挿入される現象であり、英語ではdo-support (do 支持) と呼ばれる現象である。

(36 e) a . *Mary not like John.

b . Mary does not like John. (do-support)

例 (36e . a) では、このままでは定の時制主要部Tが音韻的に実現できない。何故なら、Tと動詞likeの間に否定主要部notが介在しているので、音インターフェースでTとlikeが結合できないからである。この場合、最終手段として (緊急避難的に) Tに軽動詞doが挿入され、Tを音韻的に支持する。日本語の

例をみる。

- (36 f) a . *この薬を飲 m.i. はた・い
 b . この薬を飲 m.i. はし・た・い

例(36f.a)では、このままでは定の願望の助動詞v「た」が単独で存在せざるをえない。しかし、願望の助動詞「た」は単独では存在できない。しかも、本来なら「た」と結合すべき「飲 m.i.」が係助詞「は」の介在により、下の位置に凍結されている。このままでは、音インターフェースで願望の助動詞「た」が処理不可能な要素として排除されてしまう。そこでこの場合、最終手段として(緊急避難的に)「た」の前に軽動詞「し」(する)が挿入され、「た」を音韻的に支持する。このように、上で軽動詞「する」の支持が必須であるということは、主要部移動が不定T(下の方のT)で一旦途切れていることを示している。では、距離計算を行う。問題は、VP補部(t1)の位置から、VP指定部と定TP指定部は等距離にあるかということである。TP指定部を含むMinD={定TP指定部, 不定TP}である。VP指定部の含むMinD={VP指定部, VP補部}である。両者は共通集合を持たない。つまり、上の定TP指定部とVP指定部は同じMinD内にはない。よって、両者は等距離ではない。よって、VP補部位置から最短距離にあるのはVP指定部であって、上の定TP指定部はVP指定部より遠い位置にある。つまり、上の派生では、「その薬が」は最短距離移動の要請に違反している。よって、例(36b.b)「*この薬が飲みはしたい」は異常性を示すのである。このように、何らかの原因で主要部移動が阻止された場合、MinDの範囲拡張が起こらない。よって、等距離範囲の拡大も起こらない。よって、この最短距離圏の外に移動した場合は、結果的に異常性を示す。

主要部移動によってMinD拡張が起こることの別の証拠を示す。日本語の作用域計算の事実からの証拠である(Miyagawa 2001, Kishimoto 2008, 128-129)。例文観察の際、中立韻律で発音されなければならないことに注意され

たい。

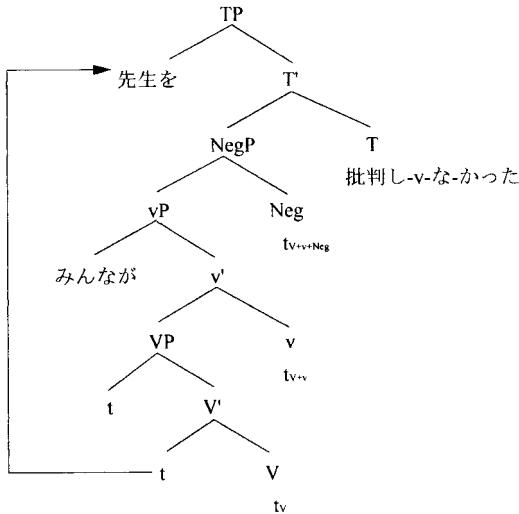
(36 g) a 先生をみんなが批判しなかった(こと) (NEG > , > NEG)

b 先生をみんなが批判しもしなかった(こと)

(*NEG > , > NEG)

例(36g.a)を考える。NEG > の場合、「みんなが」はvP指定部に留まる。VはTに主要部移動するので最小領域が拡大し、「先生を」はTP指定部に移動する。構造を示す。

(36 h)



今、上の構造の連鎖を

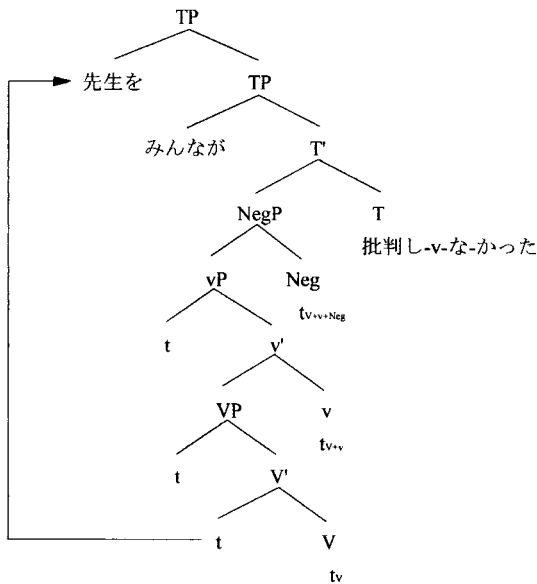
(36 i) CH = (批判し・v・な・かった , $t_{V+v+Neg}$, t_{V+v} , t_V)

とおくと、連鎖CHの最小領域MinD(CH)は

(36 j) MinD(CH)={ TP指定部, NegP指定部, vP指定部, VP指定部, VP補部 }

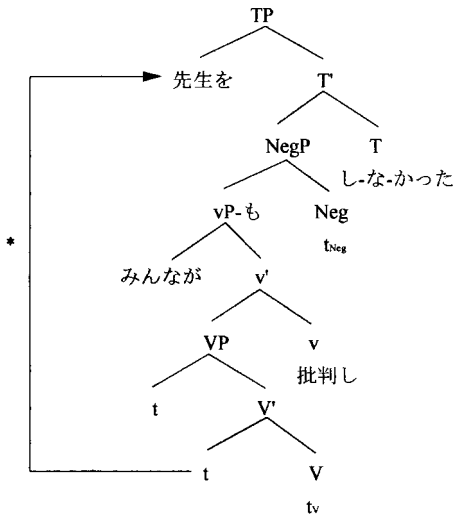
となる。MinD内の要素は全て等距離である。よって、「先生を」は「みんなが」を飛び越えてTP指定部に移動できる。一方、>NEGの場合、「みんなが」はTP指定部に移動している。「先生を」はTPに付加する。関連する構造を示す。

(36 k)



上で、VP補部位置から、TP指定部もTP付加部も等距離である。よって、「先生を」は「みんなが」を飛び越えてTPに付加できる。次に、例(36g.b)を考える。*NEG> の場合、「みんなが」はvP指定部に留まる。VのTへの主要部移動がないので、「先生を」はTP指定部に移動できない。派生は崩壊する。関連する構造を示す。

(36 l)



係助詞「も」はvPに付加する接辞である。二つの独立した連鎖がある。

(36m) a .CH1 =(批判し , t_v)

b .CH2 =(しなかった , t_{Neg})

従って、最小領域も二つの連鎖に対して独立に形成される。

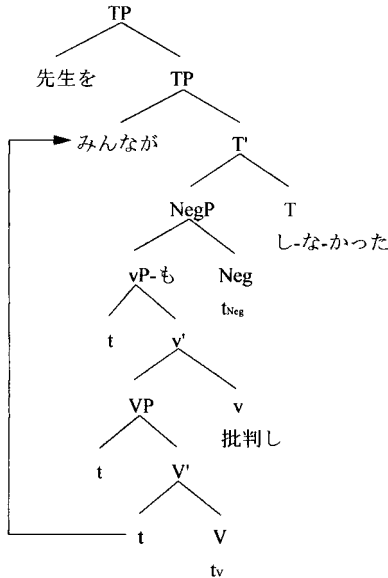
(36 n) a MinD(CH1)={ vP指定部 , VP指定部 , VP補部 }

b MinD(CH2)={ TP指定部 , NegP指定部 }

TP指定部とvP指定部は同じMinD内にはない。よって、VP補部位置にある「先生を」からすると、vP指定部とTP指定部は等距離ではない。よって、VP補部位置にある「先生を」は「みんなが」を飛び越えてTP指定部に移動でき

ない。一方、>NEGの場合、「みんなが」はTP指定部に移動する。「先生を」はTPに付加する。

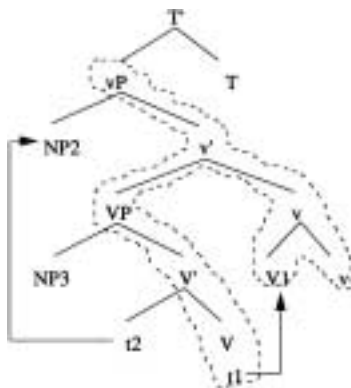
(36 o)



上で、TP指定部とTP付加部は同じMinD内にある。よって、VP補部位置にある「先生を」からすると、TP指定部もTP付加部も等距離である。よって、この場合、「先生を」は「みんなが」を超えてTPに付加できる。以上の分析は、主要部移動によって最小領域MinDの拡張が起こることの証拠である。

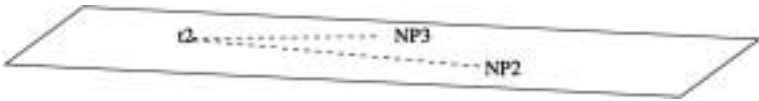
では、このような主要部移動による等距離空間の拡大をどのように考えたらよいのか。本稿では、主要部移動がない場合の文構造構築空間が平面であるのに対して、主要部移動が起こると、平面である構造空間が湾曲し、球面や鞍の面のような曲面となると提案したい。曲面上の任意の二点を結ぶ最短距離は測地線上にある。測地線とは、球とその中心を通る平面との交わりの円＝大円である。大円は球面上に無限に存在する。

(36) (= 21a)



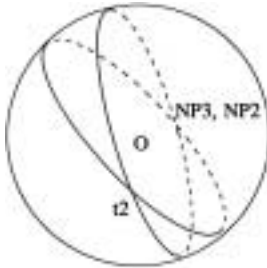
- 303 -

(37)



ところが、上の平面が曲面になると、二点間の最短距離の可能性が増える（無限となる）。尚、Oは球の中心である。

(38)



例えば、最短距離ルート（測地線）が2本になった場合、一本を点t2から点NP3までのルート、もう一本を点t2から点NP2までのルートとすればよい。つまり、主要部移動で最短距離ルートの選択肢が増えたのである。主要部移動によって文構造構築空間が平面から曲面に変質し、測地線という最短距離計算が関与する。名詞句NP2としては、自分が移動する時空間が平面であろうと曲面であろうと、自分では常に最短距離で移動しようとするだけである。主要部移動によって、名詞句の移動する時空間の性質が変わる。

このように、主要部移動によって、文構造構築空間が平面から曲面になるようにねじ曲げられ、測地線という最短距離ルートの可能性が増え、その測地線にそって、名詞句の移動が複数個許されるようになるという自然言語情

報処理の現象は興味深い。ここでも、光のような無機物を支配する法則と、ヒト脳言語システムという有機物を支配する法則が同じであるというふうに説明できることは興味深い。

更に興味深いのは、時空間の曲率は重力が決定するということである。つまり、上の話が夢物語でなければ、ペンローズ（R. Penrose, 1931., イギリスの数学者・理論物理学者・宇宙物理学者）とハメロフ（1947., アメリカの麻酔科医）が主張するような、脳内でニューロンネットワークを形成する個々の神経細胞の細胞骨格である微小管（マイクロチューブル）の中で量子重力的な力が働き、それが一定のパターンの波動関数の自己収縮を起こすときに意識が生じるという量子脳モデルにの具体的な経験的証拠を提供していることになる。自然言語は観測可能な意識の状態の典型例である。つまり、上で述べたような主要部移動による文構造構築空間の湾曲現象が重力によってもたらされるのであれば、これは、脳内の超ミクロの量子重力的な影響を、ヒト遺伝子型の表現型である自然言語を経験的証拠とする具体的な現象として、実際にマクロ的に観察していることになる²⁷。

4 変数の消去（対消滅）メカニズムの根拠

4.1 格助詞「を」と動詞語幹が同種の変数を持っていることを示す証拠

4.1.1 証拠その一

第一の証拠は慣用句表現に関するものである。二項動詞に二項の対称性が崩れていることを背理法で証明する。

（39）二項動詞の二項の対称性が崩れていることの証明

今、他動詞文「～が～を切る」では、項「～が」も項「～を」も他動詞「切る」と同じ親和性を持つと仮定する（仮定Ⅰ）。すると、「～が切る」も「～を切る」も同数の慣用句表現が存在するはずである。「切る」の慣用句表現を挙げる。

a 「～が切る」：無し

b 「～を切る」: 縁を切る、大見得を切る、腹を切る、風を切る、口火を切る、口を切る、首を切る、自腹を切る、白を切る、啖呵を切る、テープを切る、手を切る、腹を切る、幕を切る、見えを切る、髪を切る、指を切る、...

仮定 A と上の観察データは矛盾する。よって、仮定 I は誤りである。よって、仮定 I の反対、「項『～が』と項『～を』は他動詞『切る』と同じ親和性を持たない」が正しい。(証明終わり)

二項動詞の二項は、動詞と対称的な関係にない。つまり、どちらかの項が動詞と親和性を持つ。観察データから、動詞は対格の格助詞を持つ項「～を」と親和性を持つことが分かる。英語のような言語でも同じ観察データが得られる。

(40) 慣用表現として

- a . kick the bucket (= die)
- b ? one kicks (= ?)
- c . pull one's leg (= 足を引っ張る)
- d ? one pulls (= ?)
- e . hit the roof (= get very angry)
- f ? one hits (= ?)

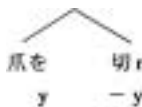
英語の慣用表現も、動詞と対象名詞句の結合が基本であり、動作主と動詞の結合はない。動詞と対象名詞句の親和性は次の例にも現れる。

- (41) a . その競争で、花子がテープを切った
b . その競争で、テープを花子が切った
c . *その競争で、テープが花子を切った

例 (41a)(41b) では「テープを切る」というふうに、動詞語幹と対象名詞句で慣用句を形成している。一方、(41c) では「テープが切る」というふうに、動詞語幹と動作主名詞句で慣用句を形成しようとしている。しかし、後者では動詞語幹と「～が」は親和性がないので、適切な慣用句を形成できない。これも動詞語幹が「～が」ではなく、「～を」と親和性を持つことを示している。

生成統語モデルでは、動詞語幹と項「～を」の親和性は、動詞語幹と項「～を」がある特定の構造素性を共有することで担保されていると考える。この特定の構造素性は伝統的には対格 (accusative ; ACC) と呼ばれている。構造素性は変数 (未知数) である。生成統語モデルでは構造素性は照合・消去されるべき変数として考える。消去されなければならないのは、構造素性を利用する外部システムがヒト脳内に存在しないからである。つまり、「爪を切る」の派生において、組み立て作業が終了する転送の時点で、「を」の構造素性と「切る」の同種の構造素性が照合・消去されている。転送という情報の分岐点の後では、音素性は音インターフェースに流れ、意味素性は意味インターフェースに流れる。この分岐点までに構造素性が消去されているということが音インターフェースと意味インターフェースで派生が収束することの必要条件である。本稿では、このような生成統語モデルの知見を、更に代数的に推し進める。つまり、「爪を切る」(厳密には動詞語幹と対象名詞句が結合するので「爪を切_r」)の部分の派生は次のようになっていると考える。

(42)



変数 y は格助詞「を」の構造素性 (= 対格) である。動詞語幹は同種の変数で正負が反対となった構造素性 $-y$ を持つ²⁸。「切_r」は [対象] という意味役割を

付与する為に「爪を」と結合するが、結果的に構造素性計算においては、 $y - y = 0$ となってこの段階で照合・消去されるべき構造素性は全て対消滅する²⁹。

結合とは構造の組み立て方である。構造の組み立てに関与するのは、意味素性でもなく、音素性でもない。構造の組み立てに関与するのは構造素性である。よって、ある二個の要素が結合する場合、その二個の要素は何らかの構造素性を共有すると考えるのである。

構造素性の照合・消去は、照合・消去が可能になった段階で即座に行われる。これも計算の先送りをしないという経済性原理に従っている。計算の先送りはメモリの負担が増加する。母語獲得の自動性（母語機能はヒト幼体の脳成長に伴い自然発生する）、容易性（ヒト幼体の母語獲得には意識的な努力を伴う学習は不要である）、短時間性（母語獲得は生後数年のうちに起こる）、一般性（ヒト幼体は与えられた言語環境を入力として、いかなる言語でも獲得可能である）という観察データを考慮すると、自然言語の情報処理システムはメモリが最低で済むように効率的に設計されていると考えられるからである。

4.1.2 証拠その二

第二の証拠は共起制約に関する相関関係である。二項動詞の二項が動詞語幹と同じ親和性を持たないことを背理法を用いて証明する。

(43) 二項動詞の二項が動詞語幹と同じ親和性を持たないことの証明

今、二項動詞の二項が動詞語幹と同じ親和性を持つと仮定する（仮定 J）。次の観察データがある。尚、「花子」を第一項名詞、「太郎」を第二項名詞とする。

a. 花子{ が/*を/*に/*と } 太郎 { *が/を/*に/*と } 褒めた

b. 花子{ が/*を/*に/*と } 太郎 { *が/*を/に/*と } 惚れた

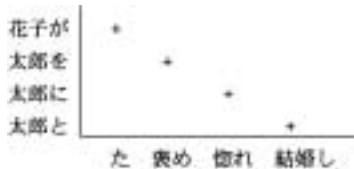
c. 花子{ が/*を/*に/*と } 太郎 { *が/*を/*に/と } 結婚した

仮定 J が正しいなら、「花子」と「太郎」に同じ格助詞がつくはずであ

る。しかし、実際は「花子」には「が」のみ、「太郎」には「を」「に」「と」と変異する。これは矛盾である。よって、仮定 J は誤りである。よって、仮定 J の反対、「二項動詞の二項は動詞語幹と同じ親和性を持たない」が正しい。（証明終わり）

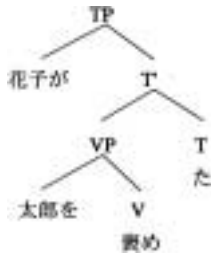
第一項の格助詞が変化しないのは全ての述語に定の時制辞「た」が同じように含まれているからである。一方、第二項の格助詞が変化するのは、各例で動詞が変化しているからである。図示する。縦軸に格助詞の変化、横軸に格助詞の変化に対応する述語の部分を示す。

(44)



動詞語幹の変化と第二項の格助詞の変化は相関する。つまり、第二項の格助詞「を」と動詞語幹「褒め」は相関関係にある。本稿では「を」と動詞語幹「褒め」は特定の構造素性を共有すると仮定する。この事実を、例えば、「花子が太郎を褒めた」の文構造が次のようになっていることを示している。詳細を省略した樹形図を示す。

(45)



動詞語幹「褒め」は「太郎を」と結合し、動詞句（VP）を形成する。この段階で「褒め」と「太郎を」の親和性が構造的に担保される。時制辞T「た」が動詞句と結合し、T'（T·bar）を形成する。T'と「花子が」が結合する。この段階で「た」と「花子が」の親和性が構造的に担保される。重要な点は次の構造ではないということである。

(46)



ここ約半世紀の生成統語モデルの追求により、自然言語が二項対立構造を持つこと、従って、不可避免的に階層構造を持つことが明らかになってきている³⁰。

4.1.3 証拠その三

第三の証拠は複合語形成に関するものである。他動詞は対象と親和性を持つことを背理法を使って証明する。

(47) 他動詞が対象と親和性を持つことの証明

今、他動詞について、動作主も対象も動詞と同じ親和性を持つと仮定する（仮定 K）。すると、次の例において、「人」は動作主と対象の両方の可能性がある。

a 人殺し

しかし、(a) で「人」は対象（人を殺す）であり、動作主（人が殺す）ではない。よって、仮定 Kの下では矛盾が起こる。よって、仮定 Kは誤りである。よって、仮定 Kの反対、「動作主と対象は、動詞に対し異なる親和性を持つ」が正しい。（証明終わり）

観察データを考慮すると、動詞は対象と親和性がある。対象と動詞が結合する。結合というのは構造の組み立て方である。構造の組み立て方に直接関与するのは、意味素性でも音素性でもなく、構造素性である。よって、動詞と対象は同種の構造素性を共有する。

4.1.4 証拠その四

第四の証拠は連濁に関するものである。連濁は転送後の形態部門で処理される（セクション3.1参照）。連濁とは、複合語 $W = w_1 + w_2$ において、後続語 w_2 の最初の無声音（声帯振動を伴わない音）を、発音パターンを保ったまま、有声音（声帯振動を伴う音）に変化させる操作である。連濁の法則とメカニズムに関しては付録2を参照されたい。

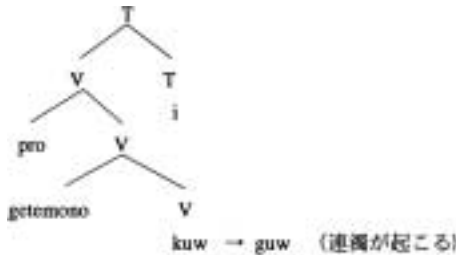
動詞と対象名詞の親和性の高さを示す証拠をあげる。動詞と対象名詞が親和性が高いということは、動詞と対象名詞が結合している、よって、両者は結合を引き起こす構造素性を持つということになる。

(48) a 虫食い問題・虫食いセーター ([musɪ + kui], *[musɪ + gui])

b 下手物食い (*[getemono + kui], [getemono + gui])

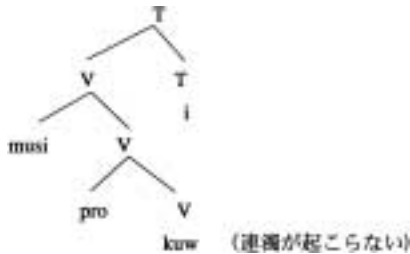
何故、「虫食い問題」では連濁が起こらず「むしくい」なのか？何故、「下手物食い」では連濁が起こり「げてもものぐい」なのか？これは「虫」と「下手物」の構造的な位置が異なるからである。まず、「下手物食い」の構造を示す。

(49)



上の構造のTは不定の時制辞主要部である。複合語は主要部結合と仮定する。proは発音されない代名詞である。[getemono]の最後の母音が、直後の(最短距離にある)[kuw]の最初の音に影響を与える(順行同化)。すなわち、無声音[k]が発音パターンを保ったまま、有声音[g]となる。つまり、連濁が起こる。同様の例として、「共食い」(ともぐい：共は仲間の意味もある)、「悪物食い」(あくものぐい：獣肉を食べること)、「如何物食い」(いかものぐい：通常では食用とはならないものを食べること)、「薬食い」(くすりぐい：寒中の保温・滋養のために獣肉を食べること)、「初物食い」(はつものぐい：初物を好んで食べること、また、その人。転じて、処女ばかりをねらう漁家。)'利食い」(りぐい：取引用語。相場の変動によって利益勘定となった買玉(かいぎょく)または売玉(うりぎょく)を、転売または買戻しをして利益を収得すること)大食い(おおぐい：たくさんものを食べること、また、その人)などがある³¹。これらの例では連濁が起こる。次に「虫食い」の構造を示す。

(50)



[musi] の最後の有声音 [i] と [kuw] の最初の無声音 [k] の距離は順行同化 (連濁) を起こすには遠すぎる。発音されない対象代名詞 *pro* が間に割って入り、順行同化の邪魔をする。よって、[i] は [k] に影響を与えることができない。よって、連濁が起こらない。同様の例として「犬食い」(いぬくい: 犬のようにがつつ食べる食べ方)、「蚊っ食い」(かっくい: 蚊に刺された跡)、草履食い(ぞうりくい: 草履の緒(お)が足にすれて生じた傷)、鼠食い(ねずみくい: 鼠の食い破った所)などがあるが、連濁が起こらない。これらの例の「犬」「蚊」「草履」「鼠」は対象ではなく、動作主である。

以上の事実は、動詞語幹が親和性を持つのは対象名詞であって、動作主名詞ではないことを示す。動詞語幹と対象名詞が結合する。この結合関係には両者が同種の構造素性を持つことを示唆する。

4.1.5 証拠その五

第五の証拠は、束縛原理を利用したものである。まず、束縛原理 (B), (C) の定義を示す。

(51) 束縛原理 (B)

代名詞は、代名詞を含む最小節 (束縛領域) 内では自由である。(束縛領域の外から束縛されうる)

(52) 束縛原理 (C)

指示表現は自由である (何者にも束縛されない)。 (Chomsky 1981)

が を束縛するとは、 が を統御し、かつ、 と が同一指標を持つ (と が同じものとして指し示される) ことである。 が を統御するとは、 (i) と が姉妹であるか、または、 (ii) と が姉妹で、 が の子孫である場合である。(i) と (ii) の場合を構造で示す。

(53)

(i) の場合



(ii) の場合



(i) の場合、 は を統御する。(ii) の場合、 は と を統御する。動詞は対象と結合し、その結合物に動作主が結合する。動詞が対象と動作主と同時に結合したり、動詞が動作主と結合し、その結合物に対象が結合したりしていない。このことを背理法で示す³²。

(54) 動詞と対象が結合していることの証明

今、動詞が対象と動作主と同時に結合している (仮定 L) か、または、動詞が動作主と結合し、その結合物に対象が結合している (仮定 M) と仮定する。すると、次の例 (「男子学生」が指示表現である)

a .その男子学生 1 がそいつ 1 の母親を責めた

- b . *そいつ 1 がその男子学生 1 を責めた
- c . その男子学生 1 の母親がそいつ 1 を責めた
- d . ?そいつ 1 の母親がその男子学生 1 を責めた

において、仮定 L, Mは、(a)(d) は容認され、(b)(c) が排除されると予測する。しかし、実際は上の通り、(b) だけが排除される。これは矛盾である。よって、仮定 L, Mは誤りである。よって、仮定 L, M以外の可能性、「動詞は対象と結合し、その結合物に動作主が結合する」(仮定 N) が正しいはずである。実際、仮定 Nの下では(b) だけが排除されるので矛盾しない。よって、仮定 Nが正しい³³。(証明終わり)

上は動詞と対象が結合していることを示す。動詞と対象は同種の構造素性を共有する。

4 2 格助詞「が」と定の時制活用語尾が同種の変数を持っていることを示す証拠

4 2.1 証拠その一

第一の証拠は、共起制約に関するものである。背理法で証明する。

(55) 格助詞「が」と定Tが親和性を持つことの証明

今、格助詞「が」は定Tと親和性はないと仮定する(仮定 O)。すると、Tには定Tと不定Tしかないから、「が」は不定Tとも共起できるはずである。しかし、実際は、以下の例でみるように、「が」は定Tとは共起できるが、不定Tとは共起できない³⁴。

(i) 動詞の場合

- a . 太郎は [花子がケーキを食べた] と思った (下線の「た」= 定T)
- b . *太郎は [花子がケーキを食べて] もらった (下線の「て」= 不定T)

(ii) 形容詞の場合

- a . 太郎は [花子が美しい] と思った (下線の「い」= 定T)

b. *太郎は[花子が美しく]思った (下線の「く」=不定T)
 上の事実は仮定 Oとは矛盾する。よって、仮定 Oは誤りである。よって、仮定 Oの反対、「格助詞『が』は定Tと親和性を持つ」が正しい。(証明終わり)

従って、「が」は定Tと親和性を持つ。両者が親和性を持つということは両者が結合するということである。両者が結合するということは、結合は構造構築なので、両者が構造素性を共有しているということである。

4 2 2 証拠その二

第二の証拠は、作用域に関するものである。背理法で証明する。

(56) 格助詞「が」と定Tが親和性を持つことの証明

まず、次の例をみる³⁵。

a. その患者は右目だけをつむr.e.る (だけ>e, e>だけ)

上の例で副助詞「だけ」は可能助動詞eより広い作用域も狭い作用域もとる。「だけ>e」は「つむれるのは右目だけである(左目はつむれない)」という読みであり、「e>だけ」は「右目だけをつむることができる(左目もつむることができる)」という読みである。ところで、文構造は上から、TP, vP, VPとなる。目的語は最初にVP内に現れる。可能助動詞eは軽動詞vとして現れる。前者の読みの場合、目的語「右目だけを」は最初はVP内に現れるが、後でTPに焦点化移動する。つまり、この段階で、「右目だけを」は可能助動詞eよりも高い位置にあるので、「だけ」がeより広い作用域をとる。一方、目的語「右目だけを」がVP内に留まった場合は、可能助動詞eが目的語より高い位置にあるのでeが「だけ」より広い作用域をとる。ここで、格助詞「が」は定Tと親和性はないと仮定する(仮定 P)。すると、例(a)の目的語を「右目だけが」と置き換えた場合、例(a)と同じように両義的になるはずである。しかし、実際は、以下の例でみるように、両義的ではない。

b .その患者は右目だけがつむr.e.る （ だけ > e , *e > だけ ）

例（b）では常に目的語が可能助動詞より広い作用域をとる。これは「が」を伴う目的語「右目だけが」が常にTPに移動していることを示す。つまり、「が」は定Tと常に結合する。これは仮定 P と矛盾する。よって、仮定 P は誤りである。よって、仮定 P の反対、「格助詞『が』は定 T と親和性がある」が正しい。（証明終わり）

上の証明は、格助詞「が」と定Tが結合するということを支持する。

5.自然言語計算における実数と虚数

5.1 時制（テンス）と相（アスペクト）

時間表現は時制（テンス）と相（アスペクト）に分類される。時制は現在時点 0 を基準にして、0 よりも前（過去）か後（未来）かを問題にする。時制とは、いわば、時間を点としてみる時間計算である。一方、相は時制とは独立した概念で、ある時間的幅を持つ出来事の開始、進行中、終了、完了・未完了を問題とする。相とは、いわば、時間を線または空間としてみる時間計算である。或いは、テンスを過去から未来に向かって伸びる数直線と考えると、アスペクトとは、そのテンスの数直線とは別の次元の時空間で伸びる数直線と言える。

過去時制の「た」と完了相の「た」は次のような会話の中で否定の答えの差として解離できる。

（57） a . 昨日の朝、ご飯食べた？（た = 過去時制）

b . いや、食べなかった。

c . ?いや、食べていない。

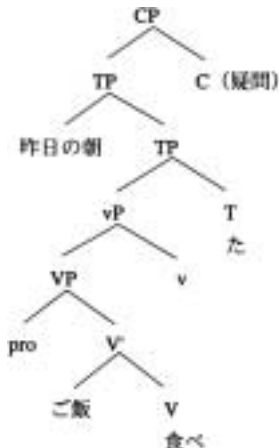
（58） a . もうご飯食べた？（た = 完了相で現在時制）

b . *いや、まだ食べなかった。

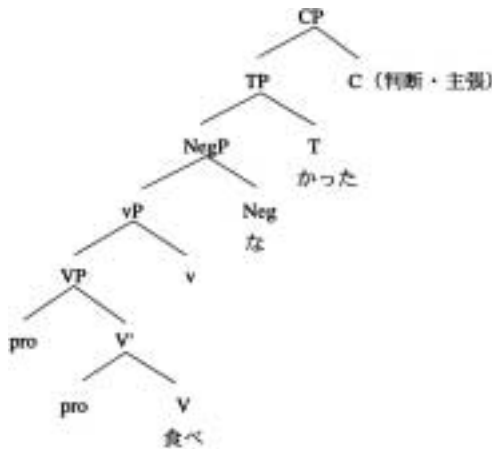
c . いや、まだ食べていない。

つまり、二種類の「た」がある。(57a)の「た」は過去時制である。「過去の一時点において、あなたのご飯を食べるという行為は起こったか?」という意味である。一方、(58a)の「た」は完了相で現在時制である。「現時点において、あなたのご飯を食べるという行為は完了しているか?」という意味である。この二種類の「た」は構造的に異なる位置を占める。完了相の「た」は構造的に深い部分、つまり、軽動詞句vP内にある時制主要部(t)の位置に現れる。一方、過去時制の「た」は構造的に浅い部分、つまり、vPの外の時制主要部(T)の位置に現れる。(58b)が変なのは、質問(58a)の「た」はvPの中の時制主要部tにあるのに、答え(58b)の「た」はvPの外の時制主要部Tとなっており、質問と答えで「た」の位置がずれているからである。図示する。煩雑さを避けるために格素性の照合・消去、それに伴う複写・複製の再結合などの結果は省いて樹形図を書く。proは発音されない代名詞、Negは否定主要部である。

(59) (= 57 a)

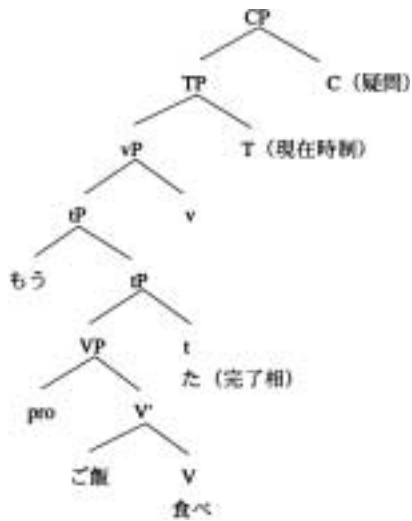


(60) (= 57 b)

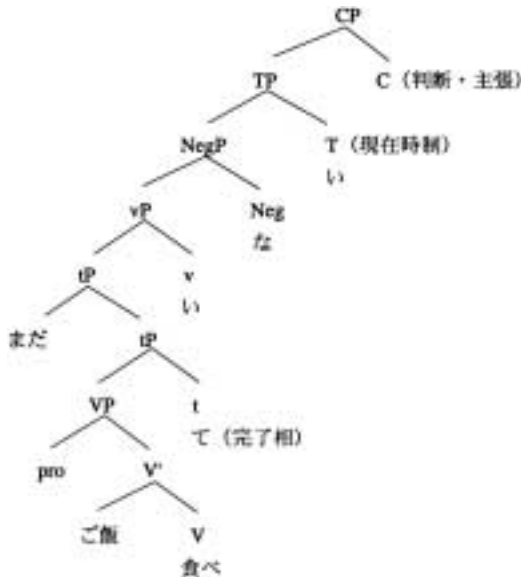


例 (57a) の「た」と、(57b) の「た」は構造的に高い位置にあるTにある。
両者は構造的に対応しているので問題ない。(58a) と (58c) の構造を示す。

(61) (= 58 a)



(62) (= 58 c)



例 (58a) の完了相の「た」と、(58c) の完了相の「て」は構造的に低い位置である主要部tに現れる。両者は構造的に対応しているので問題ない。質問 (58a) に対する答 (58b) が変なのは、質問の「た」がvP内にあるのに対して、答の「た」(この場合は否定主要部「な」が形容詞型活用をするため「かった」) がvPの外にあり、構造的に対応していないからである。質問 (57a) に対する答 (57c) が完全に異常性を示さないのは、質問の「た」が構造的に低いtの位置に出現する可能性があるからである。

5.2 反実仮想時間

反実仮想の時間は、現実の時間とは異なる次元の時間計算なので興味深い。反実仮想の例「あと1分遅かったら、助からなかった」では、現実の時間では、「ちゃんと間に合った(1分遅くなかった)から、助かった」である。現

実とは異なる仮想世界の中、つまり、反実仮想の時間の中では「間に合わなかったから、助からなかった」となる。この実際とは異なる不幸な事態を想定することで緊張が生まれる。しかし、一方では、実際は助かったので、安堵感が含まれる。行司の言う「残った！残った！」は「土俵際を残せ」という激励を含んだ命令である。想起の「今日は授業があるんだった！」は話者が忘れていたことを突然思い出している。「あ、あった！」は落とし物をした話者の「捜し物がみつかってほしい」という期待が現時点で（今）実現したという意味である。活用語尾「た」仮想現実、命令、想起、期待の実現などの用法は、話者の心理・主観的態度（ムード）を担っている。例えば、英語のような言語でも反実仮想の表現では過去時制となる。

(63) a If I were a bird, I would fly to his place.

b もし私が鳥だったら、彼のところに飛んでいくのに。

また、期待の実現「ここに来てよかった」を英語で直訳すると次のようになる。

(64) I am glad I came here.

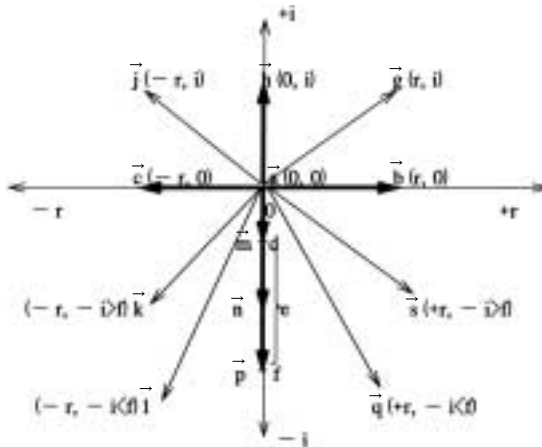
上の英語の例では話者の心理・主観的を表すムードの部分（I am glad）と客観的な事実であるコトの部分（I came here）が分離している。日本語の「よかった」の活用語尾「た」では、いわば、コトとムードの融合が起こっている。ムードの「た」に関する詳細な議論は寺村（1984）などを参照されたい。

5.3 自然言語の時間表現と虚時間・実時間

自然言語の時間計算は、x軸を正負の実時間、y軸を正負の虚時間とする座標平面に対応する³⁶。正負の実時間を $\pm r$ （real time）、正負の虚時間を $\pm i$ （imaginary time）とする。虚数 i は二乗して -1 になる数である。つまり、

$x^2 + 1 = 0$ という方程式を満たす解は二個あり、それは $x = +i$, または、 $x = -i$ である。下の座標空間を複素平面と呼ぶ。複素平面は1637年にジョン・ウォリス (John Wallis, 1616-1703, イギリスの数学者) が発見した。当時は完全に無視された。現在では複素平面なしには、物理学も数学も工学も仕事にならない。 $0 \times i = 0$ なので、虚数軸 i は実数軸 r と、 $r = 0$ で直交する。複素数直線は存在しない。複素平面が存在する (Stewart 2007)。複素数とは数の全体集合の名称であり、実数と虚数を含む。横軸の実数軸上の値を w 、縦軸の虚数軸の値を z とすると、複素平面上の値 (w, z) は複素数 $w + zi$ となる³⁷。しかし、以下では、複素平面上の値は単純化して複素数の実部 r と虚部 i ($\pm r, \pm i$) のみで表現する。

(65 a)



尚、ベクトル $m(0, -i=d)$ 、ベクトル $n(0, -i=e)$ 、ベクトル $p(0, -i=f)$ とする。虚時間軸は実時間軸と直交する。二つの時間軸が直交することで複素平面という空間が形成される。虚時間軸は実時間以外の空間として振舞う。虚時間とは時間が空間をもったものである。虚時間とは形を持つ時間である (Hawking 2001)。では、以下、各ベクトルに対応する例文を列挙する。例文

は定の時制主要部Tの「る」か「た」を含むものを示す。

(65b)複素数平面における各ベクトルに対応する例文

- | | |
|--|------------------|
| a = 現在 (今、ある。今、 <u>いる</u> 。) | } 時制 |
| b = 未来 (明日、 <u>ある</u> 。明日、 <u>いる</u> 。明日、 <u>食べる</u> 。) | |
| c = 過去 (昨日、 <u>あった</u> 。昨日、 <u>いた</u> 。昨日、 <u>食べた</u> 。) | |
| d = 開始点 | } 相 (プロセスの中での位置) |
| e = 進行中 | |
| f = 終了点 | |
| g = 命令 (さあ、 <u>買った</u> ！ <u>買った</u> ！)・想起 (あ、午後は会議だ <u>った</u> ！) | |
| h = 期待の実現 (あ、 <u>あった</u> ！) | |
| j = 反実仮想 (あと1分遅 <u>かったら</u> 、助からな <u>かった</u>) | |
| k = 未完了相 + 過去時制 (日本に <u>来る</u> 時に <u>買った</u>) | |
| i = 完了相 + 過去時制 (日本に <u>来た</u> 時に <u>買った</u>) | |
| m = 開始相 + 現在時制 (食べ <u>始めた</u> ・今、 <u>始まった</u> ところだ) | |
| n = 進行相 + 現在時制 (今、 <u>食べて</u> いる・あの帽子を被 <u>った</u> 人を見て) | |
| p = 完了相 + 現在時制 (もう <u>食べた</u> ・大き <u>くなった</u> ねえ) | |
| q = 完了相 + 未来時制 (日本に <u>来た</u> 時に <u>買う</u>) | |
| s = 未完了相 + 未来時制 (日本に <u>来る</u> 時に <u>買う</u>) | |

横軸の実数軸は実時間の流れに対応する。正の実数軸上の値(点)($r\rho$)は未来時制を示し、負の実数軸上の値(点)($-r\rho$)は過去時制を示す。一方、縦軸の虚数軸は虚時間の流れに対応する。正の虚数軸上の値($0\ i$)は反実仮想の時間に対応する。負の虚数軸上の値($0\ ,-i$)は相(アスペクト)に対応する。相とは時制とは独立した概念で、ある時間的幅を持つ出来事や状態が始まったかどうか、進行中かどうか、終了したかどうかなどを問題にする形式である。相の概念は、現実の実時間とは無関係であり、虚時間的である。これは、虚数が大きさを持たない数であり、虚時間が、1次元的な実時間軸に

直交して時間を 2 次元の空間に変換する働きを持つことと関連する。 C_{HL} の時間表現の全ては、 $a + bi$ で示すことができる。つまり、 $t_{C_{HL}} = a + bi$ である。例えば、過去テンスは、 $a + 0i$ (但し、 $a < 0$) である。反実仮想は、 $a + bi$ (但し、 $a < 0, b > 0$) である。つまり、反実仮想は過去時制よりも複素数のパターンを忠実に示している。

物理学の仮説によると、力の作用は、虚（数）時間と実（数）時間では逆に働く。つまり、実時間では物体は力の方向に加速するが、虚時間では物体は力の方向とは反対方向に加速する。例えば、実時間では地上ではリングは重力の向きと同じように上から下に落ち、ボールは坂道を上から下に転がり落ちる。しかし、虚時間では、リングは重力の向きとは逆方向に下から上に落ち（上がり）、ボールは坂道を下から上に転がり落ちる（転がり上がる）。なぜ、このようなことが起こるのか。ニュートンの法則では「力 = 質量 × 加速度」である。加速度は速度の変化率、速度は位置の変化率である。だから、加速度では時間経過を二重に計算する必要がある。時間が虚数 i であれば、 i の二乗はマイナスとなるので、加速度がマイナスとなり、力の向きとは逆方向に加速される（竹内 2001 : 120-121）。単独の素粒子の移動が問題となるような超ミクロの世界とは、粒子（物質）と反粒子（反物質）という、質量や大きさが同じで、電荷が反対の素粒子どうし（例えば、電子と陽電子、水素と反水素など）が対消滅と対生成を繰り返している世界である。このような超ミクロの世界では実時間と同時に虚時間も流れている。つまり、反粒子とは、虚時間の中で、時間を遡って、すなわち、過去に向かって移動する粒子である。実時間の流れている私達の世界から観察すると、粒子が反粒子に変化して時間を過去に向かって遡る瞬間は、粒子と反粒子が衝突して対消滅して光が発生するように見える。時間を過去に向かって遡っていた反粒子が粒子に変化する瞬間は、反粒子と粒子が衝突して粒子が対生成され光が発生するように見える（竹内 2001 : 32-33）。私達は気づかないが、今、この瞬間にも、私達の目の前や私達の体（脳）内の超ミクロの世界では、素粒子が過去に時間を遡って移動して反素粒子に変化するような虚時間が流れている。つ

まり、虚時間が流れている超ミクロの世界では、実時間が流れているマクロの世界ではあり得ないような自由な情報伝達（例えば、（反）物質が現在から過去に移動していったり、未来から現在に移動してきたり、未来から過去に移動していったりするような事態）が実現していると言える。いわば、実時間では目の前に物質が自力では超えられない山があるときに、虚時間ではその山が消えて谷になっており、物質は自力で転がり落ちて別の地点に自由に行けるような事態である。このような自由な情報伝達をトンネル効果（虚数時間における普通の運動）と呼ぶ（水谷 2008b）。

ホーキングとペンローズらは1960年代に、約137億年前にこの宇宙空間はいたるところで宇宙誕生時の非常に短い時間の間に光速以上の速度で膨張したが（物質移動は光速を超えられないが空間の膨張速度は光速を超えられる）、その非常に短い時間の間は虚時間が流れたという仮説を提案した（Weinberg 1993）³⁸。また、ハートルとホーキングによると、ある時刻の宇宙空間を一次元の輪として考えれば、宇宙の始まりがお椀のようになる。これにより、宇宙の始まりが一点（特異点）となって物理学の法則が破綻してしまうことを避けることができる。宇宙の始まりは緩やかな曲面となり、物理学の法則の時間を実時間から虚時間に変換するだけで全て説明できる（Hartle and Hawking 1983）。このような宇宙の成立に関する研究領域（時空物理学）においては、物理学的な事実が実際にどうなっているかではなく（そんなことは実際には分からないから）、観察されたデータが数学的にちゃんと説明できるかどうかの問題となる。要は、最低限の法則によって様々な多くの現象の説明がちゃんとつくかどうかである。

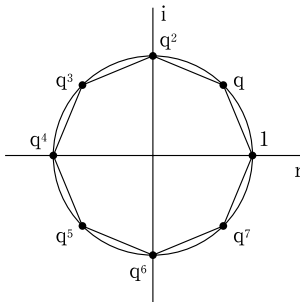
実時間軸と虚時間軸を持つ座標平面は視覚的に分かり易い。上の複素数平面でも、視覚的に、虚時間軸は実時間軸上では0（いわば、非常に短い時間＝限りなく0に近い時間）である³⁹。

この時間座標平面は、文構造の性質と関連する。つまり、自然言語システムの話者の心理・主観的態度（ムード：構造的にはCPに対応）と一体となった時間表現は正の虚数空間（上半分の空間）に存在している。特に、正の虚

数と負の実数の座標空間は、反実仮想の時間に対応する。反実仮想の時間では、実時間で起こる出来事の反対のことが起こる。実時間の「ちゃんと間に合ったので助かった」という事態は、反実仮想の時間では、「あと1分遅かったら、助からなかった」となる。 $-i$ の空間（下半分）は話者が外界の出来事・状態を客観的に述べようとする部分（コト：構造的にはVPに対応）に対応している。

自然言語の時間表現は、上の座標平面で原点0を始点として各領域に伸びるベクトルとして全て網羅できることは興味深い。更に、 $i = 90^\circ$ とすると、 $i^2 = -1 = 180^\circ$ 、 $i^3 = -i = 270^\circ$ 、 $i^4 = 1 = 360^\circ$ となる。つまり、全ての時間軸が虚数で表現できる。その意味で全ての時間表現を担いうる活用語尾「た」はより使用制限の厳しい「る」に比べて虚数的である。このように、自然言語の時間ベクトルは複素数平面上の円周上の一点に向かう360度の動きとしてとらえることができる。すなわち、自然言語の時間表現は三角関数で表現できる。つまり、ヒト脳言語システムの時間表現は波の性質を持つ。或いは、ヒト自然言語計算システム（ C_{HL} ）は時間表現について $x^8 = 1$ という8次元の方程式を解いている。複素平面上では $x^8 = 1$ の解は原点を中心にした半径1の円周上にあり、 $x = \{1, q, q^2, q^3, q^4, q^5, q^6, q^7\}$ である（Stewart (2007)）。図で示す。

(65c)



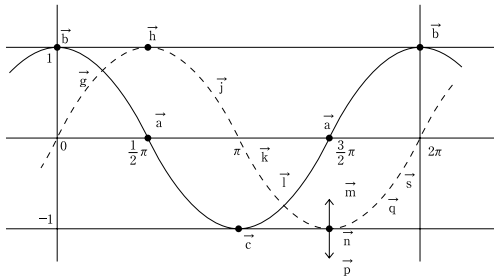
指数関数と三角関数という無関係に見えるものどうしを結びつけるものが虚

数である（佐藤（2006）、水谷（2008b））。このことは、オイラー（Leonhard Euler, 1707.1783, スイスの数学者）が1748年に『無限小解析入門』で公式として示した（佐藤（2006：166））。

$$(65d) e^{ix} = \cos x + i \sin x \quad (\text{オイラーの公式})$$

オイラーの公式によると、指数関数と三角関数は周期性という性質を共有する。つまり、指数関数は $2\pi i$ で元に戻り、三角関数は 2π で元に戻る（ibid., : 196）。自然言語の時制（テンス）を実数軸で伸び縮みする余弦曲線（実線）で、また、相（アスペクト）やムードの時間を虚数軸で伸び縮みする正弦曲線（点線）で表現できる。

(65e)



（注）各ベクトルのアルファベットは（65a）と（65b）におけるものと対応している。

因みに、生物の体内時計の秒針はタンパク質の新陳代謝速度である（福岡（2009：44 - 45））。なぜ年をとると一年が早く過ぎるのか。それは私たちの新陳代謝速度が加齢とともに遅くなる、つまり、体内時計がゆっくりになるからである。体内時計でもうそろそろ半年ぐらい経ったかなあ、と思っていると、実際にはもう一年が終わろうとしている。そこで私たちはびっくりする。

すなわち、年をとると、上の時間曲線の周期が長くなる。恋人どうして有頂天になっている時は、新陳代謝も活発になり、体内時計の秒針も速く回り、時間曲線の周期も短くなる。だから、デートの一日はあっという間に過ぎる。

虚時間なんて実際に現実感の感じられないおとぎ話がSFに過ぎないという忌避感情を持つ人も多いであろう。しかし、物理学者ホーキングが言うように、現実とは何かということはそんなに明白ではない。例えば、今、自分が手を置いている机は原子でできていて、原子は振動しているということを、現実として感じられない。ヒトはそれを現実として感じられる程の鋭敏な情報受信能力を持たない。太陽のような地球に比較して巨大な恒星（体積は地球の130万倍、質量は地球の33万倍、表面重力は地球の28倍）の周りはその巨大な重力（引力）によって時空間（時間＋空間）がゆがんでいること、また、地球のような太陽に比べるとゴマ粒程の惑星の回りでも地球の重力（引力）によって時空間がゆがんでいることを、私達は現実として感じられない。太陽から地球までの平均距離は1億4960万kmで、光が太陽から地球に到着するのに8分18秒かかること、従って、昼間、見えている太陽の姿は、常に8分18秒前の過去の太陽の姿であることを、私達は現実として感じられない。今、見えている太陽は、今現在のリアルタイムの太陽の姿だとはかと思えない。しかし、現実はそうではない。今、現在も、地球が時速10万8千km（秒速30km）で太陽の周りを公転していることを私達は現実であると感じることはできない。弾丸の速度が秒速1.6kmなので、今、現在、地球は私達をその表面に貼り付けて、弾丸の18倍以上の速さで公転していることになる。だから、地球が公転しているところをちょっと離れて宇宙遊泳でもしながら見物しようと思っても、目の前を通過する地球は速度が速すぎて見えない。更に、太陽系自体も、天の川銀河（渦巻銀河で円盤の直径は約10万光年。公転周期は太陽系付近で2億年以上）の中で時速100万km（秒速277km。弾丸速度の173倍）で音もなく移動していること（Weinberg 1993）を、現実と信じることはできない。宇宙では地球上では想像もできないこと、とんでもないことが起こっている。ホーキングは、私達は過去・現在・未来という実時間が基本だと思

っているが、この宇宙における基本的な時間は虚時間かもしれないと言う（Hawking 2001）。地球の何十万倍、何百万倍の大きさの巨大な物質が弾丸速度の何十倍とか何百倍の速度で音もなく移動している宇宙空間では私たちが常識的に感じられる実時間ではなく、大きさを持たない虚数を基盤とした虚時間が単位となっていると考えることも、そんなに突拍子もない考え方ではない。Hawking（1993）が言うように、何が現実かということはあまり重要ではない。実数時間にしろ、虚数時間にしろ、要は観測結果をうまく説明できるかどうかということであろう。

自然言語システムにおける虚時間とは一体何なのかは全く不明である。しかし、物理学で仮定されるような、実時間軸と虚時間軸からなる複素数平面上で自然言語の時間表現が全て網羅できる（説明できる）こと自体は興味深い。

母なる自然は、紫外線・宇宙線と億単位の時間を利用して、約200万年前にヒトの祖先であるホモ・ハビリスのニューロンに突然変異を生じさせ、ニューロンネットワークの再編成を行った。この神経細胞ネットワークの再編成によって、離散無限の性質を持つ自然数と自然言語という情報処理システムがヒト脳内で自己組織化した。この離散無限の性質を持つ自然数と自然言語の能力を利用して、ヒトはここ約2千年ほどの間に数学という人工言語を作り、母なる自然の様々な現象を説明しようとしている⁴⁰。200万年という時間を現在の一日の時間である24時間に置き換えると、ここ2千年という時間は一日の最後の1分26秒ちょっとである⁴¹。

自然数や自然言語は約200万年前に母なる自然が自己組織化した。自然言語が発生してから時間を一日24時間にたとえると、そのうち23時間58分34秒（200万年の間）をヒト脳は自然言語だけで情報処理を延々と行ってきたのであり、最後の1分26秒（ここ2千年の間）で、自然言語を基盤にして、ヒトは数学という人工言語を作った。虚時間の概念は200万年前に自己組織化した自然言語情報処理システムの中に既にあった。虚数は数百年前の数学者達が方程式 $x^2 + 1 = 0$ の解の表現が必要だ、二乗して正の数となる実数だけではう

まくいかないので、二乗して負の数となる虚数が必要だと考えたから生まれたのではない⁴²。そうではなくて、もともと数学者達 ヒトの使用する自然言語の中に既に虚数の概念の種があったから、数学者達は虚数の存在に気づいたのである。自然言語の時間計算の中に、数学を基盤とする物理学でいう実時間と虚時間の区別が観察されるのは当然である。虚数は現代の自然科学、特に量子力学・電気工学モデルの基本的な道具である。量子力学の基本方程式の中には虚数が含まれている。ヒト脳というタンパク質のかたまりは、電気と化学物質の信号伝達を利用する情報処理システムである。そのヒト脳の働きである自然言語情報処理において、量子力学・電気工学モデルにおける基本的な概念である虚数が関与するというのは当然である。例えば、Sedlak (1995 : 262) は生命の進化について次のように述べる。電気化学システムは、代謝システム内の音子 (phonon ; フォノン, 固体内の原子の格子振動や固体中を伝搬する広義の音波を量子化したとき生ずるエネルギー量子, 音響量子 (広辞苑)) と電子、及び、電子工学サブシステム内の音子、電子が、光子をやりとりして相互に関係するシステムである。ここから生命のベクトルが出てくる。エネルギー論の観点から考えると、原始的生命体が、波動 (音波・電磁波 (光や色)・振動) の発信・受信を行うように進化するのは生命の本質を表している。脳も電気化学システムの一つである。よって、脳の情報処理は電子工学モデルとも互換性があるはずである。そして、例えば、私たちのケータイ、パソコン、テレビ、車などの設計の基本となる電子工学モデルにおいては虚数は基本的な概念なのである。このように考えると、電気化学システムであるヒト脳の情報処理において、虚数を含む複素数平面で説明される現象があるということはむしろ当然である。

最後に、全ての生命体において脳システムの構造と働きが連続していることの証拠を紹介する。プラナリア (扁形動物・planaria) の脳の構造形成と働きに特異的に関与するDNA (脳特異DNA) として116個が特定されている。これらの116個の脳特異DNAのうち、マウス・ヒトでは95%以上、線虫 (袋形動物) では90%、シロイヌナズナ (アブラナ科の植物) では40%、酵母菌で

は35%を共有している。つまり、脳特異DNAの3分の1は、脳・神経系が生まれる前から存在している。菌類や植物に存在していたDNAのいじくりまわしを基に脳システムが発生した（水谷（2008a：110・111））。

6 文を方程式として解く

6.1 能動文と直接受動文を、連立1次方程式として解く

自然言語の文が定数と変数を含んでおり、変数消去を行いながら意味解釈が行われるのであれば、文を方程式として解けるはずである。能動文と直接受動文を、連立1次方程式として解く⁴³。次の能動文と直接受動文を方程式に変換し、連立1次方程式として解く。

- (66) a 太郎が花子を褒めた
b 花子が太郎に褒められた

ここ半世紀の生成統語モデル構築の過程で、次のことが明らかになってきている。

- (67) 言語学的命題
- a 言語素性には、音韻素性、意味素性、構造素性の三種類がある。
 - b 素性には解釈可能なものと解釈不能なものがある。
 - c 言語システムと連絡を持つ二つの外部システム、つまり、運動知覚システム（AP）と思考システム（CI）が利用でき、かつ、言語システム内の二つのインターフェース、つまり、音インターフェース（PF）と意味インターフェース（LF）で計算の対象となる素性を、解釈可能な素性とする。PF, LF, AP, CIにおいて処理・利用の対象となりえない素性を解釈不能な素性とする。
 - d 解釈不能素性は転送までに（文構造組み立ての過程で）照合・消去

される。

(その理由：解釈不能素性は、外部システムAP，CIとインターフェースPF，LFで処理できない。よって、解釈不能素性は外部システムとインターフェースに流入する前に消去されなければ、外部システムとインターフェースで情報処理の混乱が起きる。)

- e 音韻素性と意味素性は解釈可能素性である。
- f 構造素性は解釈不能素性である。
- g 構造素性は転送前までに照合・消去されなければならない。
- h 構造素性は方程式を解くためには、消去されなければならない未知数(変数)である。
- i 格助詞「が」「を」、直接受動接辞「られ」、時制主要部「る」「た」は構造素性を持つ。
- j 名詞「太郎」「花子」、動詞語幹「褒め」、直接受動文の動作主名詞につく「に」は意味素性を持つ述語である。
- k 直接受動文の動作主名詞「太郎」、及び、最終手段的に外的結合される後置詞「に」は構造素性は持たない。
- l 他動詞と対格名詞句「～を」は親和性を持つので結合する。両者は同種ではあるが正負が反対の構造素性を共有する。
- m 定の時制主要部と主格名詞句「～が」は親和性を持つので結合する。両者は同種ではあるが正負が反対の構造素性を共有する。
- n 直接受動接辞「られ」は対格の構造素性を持つ⁴⁴。

上の言語学的命題が正しいとする。その上で、以下の代数学的命題を仮定する。

(68 a) 代数学的命題

- a 構造素性は変数である。
- b 文の要素を加算する。

- c 解釈可能な要素は 0、解釈可能な要素は 1 とおく。
- d 文全体は解釈可能なので 1 とおく。

命題 (68a・b) に関して次の点は重要である。つまり、四則演算の中で加法 (足し算) と乗法 (かけ算) は結合法則が成立しているが、自然言語では結合法則は成立していない。つまり、対称性が崩れている。例えば、次の例を考える。

(68b) 痩せた驢馬の飼い主

この例は、痩せているのは、驢馬か、または、飼い主かのどちらかであって、驢馬も飼い主も両方とも痩せているという意味はない。つまり、結合法則が成立していない。

(68c) χ 痩せた驢馬の) 飼い主 痩せた (驢馬の飼い主)

$$(a \circ b) \circ c \quad a \circ (b \circ c)$$

「驢馬の飼い主」の意味的正体は「驢馬」ではなく「飼い主」である。つまり、この場合、「bのc」ではcが主要部で投射する。次のようになっている。つまり、

(68d) $b \circ c = c$

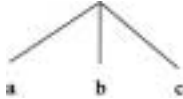
となる。白丸が加法であれば、 $b = 0$ 、乗法であれば、 $b = 1$ である。加法と考えた場合、 $b = 0$ 、つまり、「驢馬の」が 0 であるということは、これが投射しないということを示す。「驢馬の」と「飼い主」が結合するとき、「飼い主」が主要部となり投射する。因みに、数学では、8 元数の数体系では結合法則が成立しない。8 元数では $(ab) \times$ と $\alpha (bc)$ は通常食い違う (Stewart 2007)。

さて、上の事実は文構造は二股枝分かれであることを示す。結合法則が成

言語システム = 偽装ウィルスチェックシステム

立するということは、三つの要素 a, b, c の順番数列 $\langle a, b, c \rangle$ が次の構造を持つということである。

(68 e)

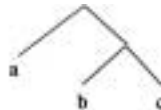


しかし、自然言語が許容するのは次の二つの構造である。

(68 f) a .



b .



そして、上の二つの構造は異なる意味を産出する。次の例を考える。

(68 g) 痩せた驢馬と飼い主

この例は、痩せているのは驢馬か、または、驢馬と飼い主両方であって、飼い主だけが痩せているという意味はない。この場合も結合法則が成立していない。

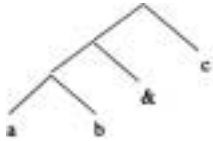
(68 h) (痩せた驢馬と) 飼い主 痩せた (驢馬と飼い主)

$$(a \circ b) \circ c \quad a \circ (b \circ c)$$

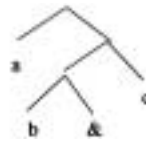
何故、驢馬も飼い主も痩せているという解釈が可能か。ここでは「と」が投射する（枝が成長する）と考える。「痩せた驢馬と飼い主」は次の二種類の構

造を持つ。「と」 = &。

(68 i) a .



b .



つまり、「bとc」については、結合法則が成立する。

(68 j) $b \circ c = c \circ b$

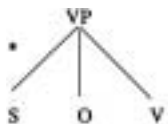
つまり、「bとc」は加法演算で、対称性は保存されている。文構造の場合、対称性は激しく崩れている。三つの要素の結合パターンは一個に決定される。
*は異常性を示す。

(68 k) *(太郎が花子を)寝めた 太郎が(花子を寝めた)

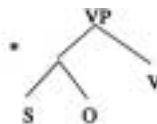
$*(a \circ b) \circ c \quad a \circ (b \circ c)$

文構造では動詞と対象名詞句の結合が優先される。結合法則も前二者の結合も許されない。a=S (subject ; 主語), b=O (object ; 目的語), c=V (verb ; 動詞) とおく。

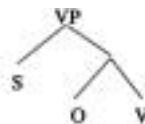
(68 l) a .



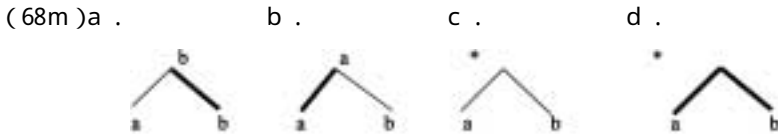
b .



c .



上の三つの構造の中で許容されるのは(c)のみである。また、自然言語では二つの要素が結合した場合、必ずどちらかが投射しなければならない。これも自然言語で対称性が崩れていることを示す証拠である。投射した枝を太線で示す。



自然言語ではaとbが結合する場合、aもbも投射しない場合(c)とaもbも投射する場合(d)のように対称性が保存された構造は許容されない。また、次の例は自然言語では交換法則も成立しないことを示す。

(68n) 花子の子供 子供の花子
 $a \circ b$ $b \circ a$

「花子の子供」では、「の」は格助詞で、この場合、「花子」は所属先・所有者の意味役割を付与されている。「子供の花子」では、「の」は判定詞「だ」の活用形であり、「子供である花子」という意味である。このように自然言語では、上で観察したものの中では、「aとb」=「a&b」以外は、結合法則も交換法則も成立していない⁴⁵。因みに、数学では、複素数を含む4元数の体系は交換則には従わない。4元数のかたちは、 $a + bi + cj + dk$ である。4元数の掛け算の規則によれば、 $ij = k$ だが、 $ji = -k$ である。つまり、 ij と ji は値が違う(Stewart 2007)。自然言語の「の」は4元数的な性質を持つ。Gross and Lentin (1967 : 132) では言語の代数的分析を行っている。そして、multiplication LM (LとMの積) を、

(68o) $LM = \{xy \mid x \in L, y \in M\}$

とした上で、言語では交換法則が成立しないが、結合法則は成立するとしている。しかし、これは誤りである。上でみたように、自然言語計算の大部分で交換法則も結合法則も成立していない。では、何故、(68a・b)で交換法則も結合法則も成り立つ加算を本稿では採用するのか。それは以下のような理由による。まず、意味論における論理式を考える。次の文の論理式を考える。

(68p) a 人は死ぬ。

b 人が死ぬ。

例(68p・a)は全称命題で、「全てのxについて、もしxが人であるなら、xは死ぬ」という意味である。「人は誰でも必ず死ぬ」という意味である。時間も過去・現在・未来という特定の時間を指し示さず、そのような特定の時間を越えた時間(超時)となり、普遍的な法則を示す。(68p・b)は特称命題で、「存在するあるxについて、xが人であって、かつ、xが死ぬ」という意味である。「ある特定の集団に属する人が将来確実に死ぬことになるだろう」という意味である。時間も未来という特定の時間を指し示す。この二つの命題の論理式を示す。

(68q) a . $x \in (\text{人}(x) \rightarrow \text{死ぬ}(x))$

b . $\exists x (\text{人}(x) \wedge \text{死ぬ}(x))$

本稿では、論理式の共通集合を表す \cup を加法演算として計算する。実際の言語例では結合法則も交換法則も成立しないので、加法的ではない。しかし、本稿では、上でみた「aとb」($a \cup b$)と同じように、論理式の「かつ」(\wedge)は加法として問題ない考える。以下で扱う例文「太郎が花子を褒めた」「花子が太郎に褒められた」は特称命題であり、論理式に「かつ」を含む。以下

で、「かつ」は&として表し、加法の演算を採用する⁴⁶。

まず、言語学的命題に従って、能動他動詞文と直接受動文を形式意味論的な表示まで抽象化する⁴⁷。

- (69) a .能動他動詞文： 太郎(x)&花子(y)&褒め(-y)&た(-x)
b .直接受動文：花子(x)&太郎&に&褒め(-y)&られ(y)&た(-x)

これを、更に、(68a)の代数学的命題に従って、方程式に変換する。

- (70) a .能動他動詞文： $1x + 1y + 1(-y) + (0 \text{ 〓 } -x) = 1$
b .直接受動文： $1x + 1 + 1 + 1(-y) + (0 \text{ 〓 } y) + (0 \text{ 〓 } -x) = 1$

上を整理する。

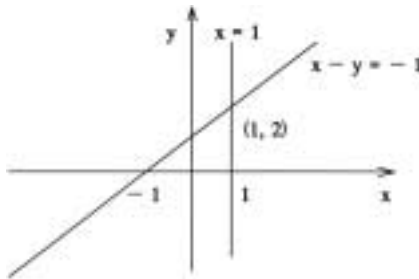
- (71) a .能動他動詞文： $x = 1$
b .直接受動文： $x - y = -1$

つまり、能動他動詞文と直接受動文の連立方程式を解くということは、次の連立1次方程式を解くことと等しい。

$$(72) \quad \begin{cases} x = 1 \\ x - y = -1 \end{cases}$$

グラフに示す。

(73)



交点 $(1, 2)$ が能動他動詞文方程式と直接受動文方程式の連立 1 次方程式の解である。一体、 $x = 1$, $y = 2$ とは何を示しているのか？ 2 とは何か？ 解釈可能性に関しては 0 か 1 かの二値論理を採用しているのに、2 が出てくるのは変ではないか？ 次のように解釈する。

(74) 解釈

a. 能動他動詞文方程式 $x = 1$ について

y 軸に平行な $x = 1$ のグラフは能動他動詞文「太郎が花子を褒めた」に対応する。能動他動詞文には変数 y が存在しない。つまり、変数 x の値は一定であるが、変数 y の値は一定しないことを示す。実際、言語事実是这样なっている。

- a. 太郎が花子を褒めた (太郎が = 動作主, 花子を = 対象)
- b. 太郎が花子を育てた (太郎が = 動作主, 花子を = 作品)
- c. 太郎が花子に惚れた (太郎が = 動作主, 花子に = 相手)
- d. 太郎が花子と別居した (太郎が = 動作主, 花子と = 相方)

能動他動詞文では格助詞「が」= 変数 x の値は「動作主」で一定している。一方、格助詞「を」= 変数 y の値は「対象」「作品」「相手」「相方」と様々に変異する。能動他動詞文方程式 $x = 1$ は、このような能動他動

詞文の本質をとらえている。

b. 直接受動文方程式 $x - y = -1$ について

直接受動文方程式のグラフは x の値も y の値も変化する。これは次の例で分かる。

- a. 花子が太郎に褒められた (花子が = 対象, 太郎に = 動作主)
- b. 花子が太郎に育てられた (花子が = 作品, 太郎に = 動作主)
- c. 花子が太郎に惚れられた (花子が = 相手, 太郎に = 動作主)
- d. 花子が太郎に別居された (花子が = 相方, 太郎に = 動作主)

変数 x = 「が」がついている名詞「花子」は「対象」「作品」「相手」「相方」と変化する。ここで、直接受動文では変数 y は直接受動接辞「られ」が持っており、その変数 y は動詞語幹の変数 $-y$ によって照合・消去されることに注意されたい。つまり、ここでは「太郎に」には変数は含まれていない。変数 y は動詞語幹とそれと結合する直接受動接辞が関与している。つまり、変数 y には動詞語幹が関与しているので変数 x と同じように変位する。つまり、言語事実においても、実際に、変数 x が変化すれば変数 y も同じように変化しているのである。特に、 $x - y = -1$ は $x = y - 1$ となり、これは $x = y$ と $x = -1$ の合成であることは重要である。つまり、直接受動文は $x = y$ と $x = -1$ の加算式である。 $x = y$ とは $x = 1y + 0$ のことで、傾き（変化率）が 1、つまり、 x が変化したときに、 y も同じように変化することを示す。すなわち、 $x = y$ である。これが上で述べたような変数 x が変化すれば、変数 y も同じように変化するということである。 $x = -1$ とは、主格の照合・消去位置、つまり、TP 指定部が空白になっていることを示す。実際、VP 内に外的結合される主格対象名詞句は TP 指定部に移動する。このように、直接受動文の方程式 $x - y = -1$ は、 $x = y$ と $x = -1$ の合成であり、各々の $x = y$ と $x = -1$ が直接受動文の本質を表現している。このことに関しては、竹内（2004：57）を読んでいる時にヒントを得た。

c. 連立方程式の解が（1，2）であることについて

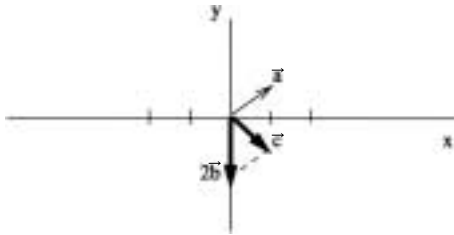
能動他動詞文方程式と直接受動文方程式を同時に満足させる解は、 $x = 1$, $y = 2$ である。ここで $y = 2$ を、 $y - 1 = 1$ と考える。すると、変数 y から解釈可能なものを一個引いたものが解釈可能なものとなる。これは能動他動詞文と直接受動文で共通する性質に対応している。つまり、両方で共通する性質は、「～が」が焦点化されていることである。つまり、 $x = 1$ というのは、両方で、「～が」が焦点化という同一の意味で解釈されるという事実に対応している。一方、 $y - 1 = 1$ というのは、両方で、対格の構造素性 ($\pm y$) が関わる部分は焦点化されないという事実に対応している。つまり、対格の構造素性が関与する部分は焦点化されないというのが左辺のマイナス 1 の部分に相当しており、焦点化されないという意味で、解釈可能になっているということで、右辺が 1 となっている。

次に、上の連立方程式を行列を使って示す。

$$(75) \quad \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \end{pmatrix} y = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix}$$

これをベクトル表示する。

(76)



解釈変数 x の定数をベクトル a (始点 $(0, 0)$, 終点 $(1, 1)$) とおく。変数 y の定数をベクトル b (始点 $(0, 0)$, 終点 $(0, -1)$) とおく。すると、解 $(1, -1)$ を得るためには、ベクトル b を2倍してこれをベクトル $2b$ とし、ベクトル a とベクトル $2b$ を加算すればよい⁴⁸。その結果、得られるのがベクトル c (始点 $(0, 0)$, 終点 $(1, -1)$) で、連立行列式(75)の解である。

(77) 解釈

変数 y の定数であるベクトル b を二倍にして解が得られる。これは、能動他動詞文と直接受動文では変数 y (ここでは標的としての構造素性。動詞語幹の構造素性は探索子としての構造素性) が二つの異なる形で出現することを示す。つまり、能動他動詞文では変数 y (標的対格構造素性) は格助詞「を」として出現するが、直接受動文では変数 y (標的対格構造素性) は直接受動接辞「られ」として出現する。これに対して、変数 x は能動他動詞文でも直接受動文でも格助詞「が」として出現する。このように、ベクトル $2b$ の2 (固有値, 物理量) という数は、変数 y の二カ所の居所を示す。

6 2 様々な文を方程式として解いて、比較する

更に、間接受動文と使役文も方程式化してみると興味深い結果になる。

- (78) a 次郎が太郎に花子を褒められた
b 次郎が太郎に花子を褒めさせた

実は、間接受動文と使役文では形式意味論的表示が同じになる。

- (79) a 次郎 x & 太郎 z & 花子 y & 褒め $(-y)$ & られ $(-z)$ & た $(-x)$
b 次郎 x & 太郎 z & 花子 y & 褒め $(-y)$ & させ $(-z)$ & た $(-x)$

寺村(1982:289)が示したように、実際、間接受動文と使役文は類似した構造と意味を持っている。従って、両者は下のような同じ方程式となる。

$$(80) \quad 1x + 1z + 1y + 1(-y) + 1(-z) + (-1)x = 1$$

整理すると、

$$(81) \quad 2x = 1$$

これは、変数 x = 「が」を二倍したら解釈可能であることを示す。これはどういふことか。次のように考える。

(82) 解釈

「が」というのは指定部という構造的位置を示す素性だと考える。つまり、「が」は構造素性を持つが、その構造素性は、主要部との結合を要請する補部素性ではなく、主要部 + 補部の結合の結果できた結合物と

結合することを要請する指定部素性である。つまり、2xとは指定部が二個ということを示している。指定部が二個とは何か。つまり、本動詞句の指定部も、軽動詞句の指定部も埋まっているということを示している。指定部とは伝統的な用語を使用すれば、主語のことである。すると、2xは、間接受動文と使役文には主語が二個あるということを示していることになる。実際、以下に示すように、言語事実もそうになっている。「太郎に」は本動詞「褒め」を主要部とする動詞句の主語であり、「次郎が」は軽動詞主要部として出現する間接受動述語「られ」、或いは、使役述語「させ」を主要部とする軽動詞句の主語である。

以下に間接受動文と使役文のvP構造を示す。

(83) 間接受動文のvP構造

例：太郎が花子に次郎を褒められた



(84) 使役文のvP構造

例：太郎が花子に次郎を褒めさせた



中間投射レベルのV'とvの姉妹の位置を指定部と呼ぶ。この指定部は伝統的な用語では主語である。間接受動の助動詞「られ」、及び、使役の助動詞「させ」は意味役割付与能力を持つ述語である。述語「られ」はその姉妹（補部）のVPに〔出来事〕その指定部の「太郎」に〔被害者〕の意味役割を付与する。述語「させ」はその姉妹（補部）のVPに〔出来事〕その指定部の「太郎」に〔使役者〕の意味役割を付与する。上では構造素性（変数）の消去は省略してあるが、変数の対消滅の結果だけ以下に列举する。両構造とも同じである。格助詞「を」の構造素性（主格）を変数y、格助詞「に」の構造素性（与格）を変数z、格助詞「が」の構造素性（主格）を変数xとおく。V = 「褒め」（動詞語幹）、v = 「られ」（助動詞）、または、「させ」（助動詞）、T = 「た」（時制主要部：活用語尾）である。

(85)

- a. $\lambda x(-y)+を(y)=0$
- b. $\lambda v(-z)+に(z)=0$
- c. $\lambda T(-x)+が(x)=0$

尚、変数 z と変数 x の照合・消去に伴い、名詞句の再結合（移動）が生じる。

また、これは $2x = 1$ の左辺が x となるように、 $x = 0.5$ としても同じ解釈が可能である。この場合、0 か 1 以外に0.5の解釈を認める様な多値論理を採用する必要がある。ここでは、 $x = 0.5$ は、 $0.5 \times 2 = 1$ となるので、指定部素性 x が二個で解釈可能となると考える。つまり、 $x = 0.5$ は、指定部素性が二個で解釈可能となることを示す。結果的に指定部素性（主語）が二個となり、同じことである。最後に自動詞文を方程式化する。

(86) 太郎が寝た

論理式を示す。

(87) 太郎 x & 寝 & た ($-x$)

方程式化する。

(88) $1(x) + 1 + (0 \neg - x) = 1$

これを整理すると、

(89) $x = 0$

となる。 $x = 0$ のグラフは y 軸と重なる。

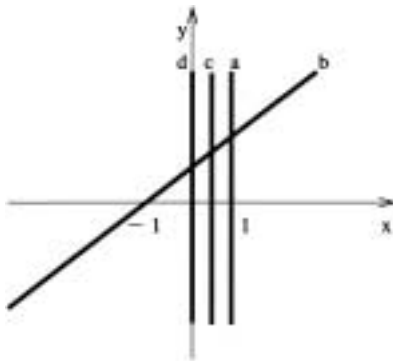
(90) 解釈

自動詞文の場合、項は一個である。第二項はない。しかし、実は、二種類の自動詞がある。非能格自動詞（unergative intransitive verb）と非対格自動詞（unaccusative intransitive verb）である。前者では

唯一項が動作主の意味役割を付与されるのに対して、後者では唯一項が対象の意味役割を付与される。つまり、自動詞文の場合、「が」がつく名詞は動作主か対象かどうかである。ということは、自動詞文「～が～する」の場合、「～が」は一義的に決定できない。こと決定不能性が $x = 0$ として現れたと考える。 $x = 0$ のグラフは y 軸である。つまり、 $x = 0$ は y 軸上で変移する。これは非対格自動詞の場合は「～が」は対象なので、 y 軸上で値をとる($y = 1$)。一方、非能格自動詞の場合は「～が」は動作主なので、 y 軸上で解釈不能(計算不能)の値をとる($y = 0$)。つまり、 y 軸上で値が動く。このように、自動詞文「～が～する」では、「～が」の意味役割が決定不能(計算不能)であること、また、「～が」が対象の意味役割を付与されるかどうか決定不能(計算不能)であることという二重の計算不能性を、 $x = 0$ は表現していると考える。

恣意的な自動詞文の方程式の中に、このような二種類の自動詞の計算不能性が潜んでいることは興味深い。以上の結果を同じ座標平面上に示す。

(91)



グラフ a	$x = 1$	能動他動詞文
グラフ b	$x - y = -1$	直接受動文
グラフ c	$2x = 1$	他動詞間接受動文、他動詞使役文
グラフ d	$x = 0$	自動詞文

(92) 解釈

能動他動詞文、自動詞文、他動詞間接受動文、他動詞使役文のグラフは、 x の値が一定で、 y 軸と平行するか、または、 y 軸と重なるという共通の性質を持つ。これらのグラフの x の値が一定であるという性質は、「～が」の意味役割が一定しているという言語事実に対応している。つまり、能動他動詞文では「～が」は[動作主]、他動詞間接受動文、他動詞使役文では「～が」は[被影響主体]、自動詞文では「～が」は[動作主]で一定している。一方、直接受動文のグラフだけが x の値が変化する。これは、直接受動文の「～が」は動詞語幹の変化に相関して、「～が」の意味役割も変化するという言語事実に対応している。つまり、直接受動文では「～が」は動詞語幹の変位に相関して、[対象]、[作品]、[相手]、[相方]と変位する。直接受動文では、対応する能動文の第二項が第一項となる派生構造を持つ。ここでは、第一項が x 軸で表され、第二項が y 軸で表されると仮定しているので、直接受動文では、 y 軸上の値が x 軸上に出現するようなグラフとして示される。つまり、 y 軸の値と x 軸の値が相関関係にある。この相関関係が右肩上がりの正比例関係を示すグラフとして現れたと考える。

6.3 変数消去が破綻するとき

消去法は万能ではない。変数消去で解が得られないことがある (Strang 2003 : 35.38)。線形代数学で消去法が破綻する第一の例を示す。

$$(93) \quad \begin{cases} x - 2y = 1 \dots ① \\ 3x - 6y = 11 \dots ② \end{cases}$$

②から変数 x を消去する。まず、①の各項に3をかけて、

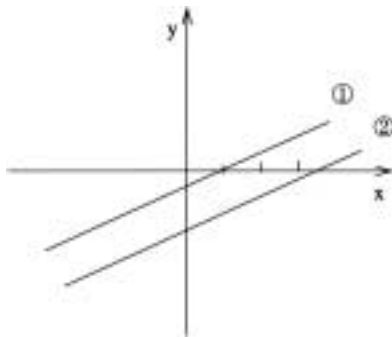
$$(94) \quad 3x - 6y = 3 \dots ③$$

とする。②から③をひくと、

$$(95) \quad \begin{array}{r} 3x - 6y = 11 \\ - 3x + 6y = -3 \\ \hline 0y = 8 \dots ③ \end{array}$$

④を満たす y の解は存在しない。 $0x = 8$ なので x も消去できない。(93)のグラフを示す。

(96)



①と②は平行している。ここで仮定しているユークリッド平面では①と②は交わらない。つまり、①と②を同時に満たす解は存在しない。対応する自然

言語文の場合を考える。ある変数を満たす解が存在しない、或いは、ある変数を消去できないという事態に対応する例を示す。

(97) *太郎が花子を雪子を褒めた

上の例では格助詞「を」(変数)が二個ある。これを前から順番に「を1」と「を2」とおく。変数「を1」が消去されて解が得られた場合、つまり、「花子」= [対象] という解が得られた場合、変数「を2」は消去されない(解が得られない=意味役割が存在しない)。つまり、「(雪子)を2」を満たすような解=意味役割が存在しない。また、同時に、変数「を2」(厳密には、「を2」の持つ構造素性(+y))は消去されないまま残る。

線形代数学において、消去法が破綻する第二の例を示す。

$$(98) \quad \begin{cases} x - 2y = 1 \quad \dots \textcircled{5} \\ 3x - 6y = 3 \quad \dots \textcircled{6} \end{cases}$$

まず、変数xを消去するために、⑤の各項に3を掛ける。すると、

$$(99) \quad 3x - 6y = 3 \quad \dots \textcircled{7}$$

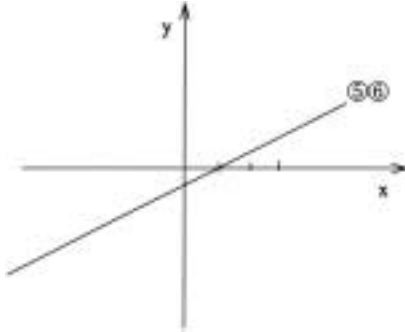
となる。⑥から⑦をひく。

$$(100) \quad \begin{array}{r} 3x - 6y = 3 \\ - 3x + 6y = -3 \\ \hline 0y = 0 \quad \dots \textcircled{8} \end{array}$$

⑧を満たす変数yの解は自由である(どんな数でも成立する)。同時に $0x = 0$ なので、変数xの解も自由である。つまり、連立1次方程式(98)を満たす

(⑤と⑥を同時に満たす) のは全ての数である。これは、グラフ⑤とグラフ⑥が重なることを示す。

(101)



⑤と⑥を同時に満たす x と y の解は全ての数である。この事態に対応する自然言語文の例を示す。

(102) 太郎は、花子だ。

係助詞「は」は変数である。しかし、変数「(太郎)は」を満たす解(意味役割)は意味役割の集合の中にある全てのものである。「太郎は花子だ」は、適切な文脈や状況があれば、「(太郎)は)」はどんな意味役割でも許される。

(103)

- a 太郎は花子を殴っている(動作主)
- b 太郎は花子に殴られている(対象)
- c 太郎は花子が好きだ(感情主)
- d 太郎は花子を育てた(作品)
- e 太郎は花子を飼っている(所有者)

- f 太郎は花子に依存している（帰属元）
- g 太郎は花子に本をあげた（出発点）
- h 太郎は花子に本をもらった（到達点）
- i 太郎は花子に次郎からの伝言を伝えた（通過点）
- j 太郎は花子の手のひらの上にいる（存在主体）
- k 太郎は性格が花子と似ている。（性質主体）
- l 太郎は花子が結婚した（連れ）
- m 太郎は花子が一緒に奈良に遊びに行った（同伴者）
- n 太郎は花子が喧嘩した（相手）

...

「太郎は花子だ」の「（太郎）は」は適切な文脈や状況があれば、どんな意味役割でも担いうる。つまり、「太郎は花子だ」における係助詞「は」は、方程式 $0x = 0$ における変数 x と同じような働きをしている。このように線形代数における消去法の破綻のパターンが自然言語文でも観察されることは、自然言語計算の中における変数の働きと、代数学における変数の働きが同じであることを示唆している。

7. まとめ

本稿の要点を簡単にまとめる。

（104）本稿の要点

- a 言語システムは、約200万年前にヒト祖先の脳内に突然変異によって自己組織化した擬装ウィルスチェックシステムである。
- b 言語システムは、生物脳内で生き延びるために、単なる離散無限システム（癌化した情報システム）にすぎない自分を擬装して、宿主である生物脳に似せて、免疫システムの真似をした。
- c .その擬装の証拠は、構造素性（＝変数）の照合・消去メカニズムの

存在である。

- d 格助詞や定の時制主要部は構造素性という変数である。
- e 変数は照合され、消去される。これが文構造構築の駆動力となる。
- f 文構造は、自己部位と非自己部位を持つ。構造素性 = ウイルスは文構造の非自己部位で照合、消去される。
- g 主要部移動によって、最小領域 = 非自己部位の拡張が起こる。最小領域の拡張により、最短距離ルートの数が増える。主要部移動は、文構造を平面から曲面に変質させ、非ユークリッド幾何学という測地線のようなものを文構造の中に出現させる。
- h 自然言語の置換の問題は群論という道具を使って探っていける。
- i 自然言語における時間計算の中に、虚数を基盤とする虚時間のようなものが存在する。
- j 自然言語の文は、文字通り、方程式化が可能である。また、二つの文を連立 1 次方程式として解くことができる。文方程式をグラフ化、ベクトル化すると、興味深い結果が得られる。
- k 自然言語計算においても線形代数学と同様に変数消去の方法が成立しない場合がある。
- l 連濁現象は最小労力原理に従う。

付録1 変数としての格助詞は投射しない

変数格助詞は投射しない。変数格助詞は数量詞遊離を容認するが、非変数格助詞は数量詞遊離を容認しない。格助詞「を」「が」「の」「に」がつく名詞のとりうる意味役割の変異幅（互いに相容れない意味役割の種類の幅）は大きい。名詞 + 格助詞の名詞の担いうる意味役割の変異に関するデータを示す。

（１）が

- a 太郎が花子を褒めた（動作主）
- b 太郎は花子が好きだ（対象）

- c 太郎が花子を怖がっている（感情主）
- d 学校に太郎がいる（存在主）
- e 文明国は男性が平均寿命が短い（焦点）
- f 我が国（帰属）
- g 君が代（所有）
- h 好きだが、憎い（逆接）
- i ちょっとお伺い致しますが、桃山学院大学はこちらですか（順接）

（ 2 ） を

- a 太郎が学校を壊した（動作主）
- b 太郎が学校を建てた（作品）
- c 太郎が学校を出た（出発点）
- d 太郎が学校を通った（通過点）
- e 太郎が学校をつまらないと思った（性質主体）
- f 太郎が花子を学校へ行かせた（動作主）
- g 太郎が花子を怖がらせた（感情主）
- h お忙しいところを申し訳ない（逆接）
- i .そうやっていればよかったものを。（詠嘆）

（ 3 ） の

- a 花子の車（所有）
- b 女物の時計（設計目的）
- c 難波の駅（場所）
- d 料理の本（内容）
- e その赤いの、下さい。（代名詞）
- f 花子の太郎の批判（動作主）
- g 花子の太郎の批判（対象）
- h 太郎の馬鹿（ = 「太郎は馬鹿だ」：判定詞「だ」）

- i 昨日、寝たの? (疑問)
- j もういいの。(説明・判断・主張)

(4) に

- a 喫茶店に居る(存在の場所)
- b 喫茶店に入る(到着点)
- c 猫にに噛まれる(動作主)
- d 五時に起きる(時間)
- e 花子に惚れる(対象)
- f 海に面する(対面・相手)
- g 物音に驚く(誘因)
- h 買い物に行く(目的)
- i 雪になる(=雪だ:「だ」=判定詞)

(5) と

- a 花子は太郎と結婚した(と と一緒に:連れ)
- b 花子は太郎と奈良へ行った(と=と一緒に:同伴)
- c 花子は太郎と結婚したと言った(内容)
- d 花子が帰ると、太郎がいた(接続助詞)

(6) で

- a 喫茶店で食べる(動作・出来事の場所)
- b お箸で食べる(手段)
- c 月5万円で足りる(範囲の限定)
- d 風邪で休む(原因・理由:「で」=判定詞「だ」)

(7) から

- a 日本から出る(出発点)

- b 宿題が終わったから遊ぶ (原因・理由)

(8) より

- a 大人より賢い (比較の基準)
b 故郷の母より (起点・出発点)

(9) まで

- a 五時までいる・東京まで行く (終点・到達点)
b 子供まで戦争に行く (スケールの極端)

変異幅を変異可能な意味役割の数で示すと次のようになる。

(10) 格助詞がつく名詞のとりうる意味役割の変異幅

が	を	の	に	と	で	から	より	まで
9	9	10	9	4	4	2	2	2

格助詞「が」「を」「の」「に」は多量の互いに無関係な意味役割を担いうる。つまり、これらの格助詞は自分独自の意味を持たない。これらは意味役割の変異幅が相対的に大きい。「と」「で」あたりで変異幅が減少し始める。つまり、意味役割が決定する傾向を示し始める。「から」「より」「まで」も意味の変異を僅かに示すが、その変異幅は小さい。変異幅が小さいということは、自分独自の意味役割を持つ傾向にあるということである。次に、数量詞遊離テストを使用して各助詞の投射構造を調べる。

(11)

- | | |
|---------------|--------------------|
| a 三匹の猫が来た | 猫が三匹来た |
| b 三匹の猫を飼っている | 猫を三匹飼っている |
| c 三匹の猫の名前を教えて | *猫の三匹 (の) 名前を教えて |

d 三匹の猫に会った	猫に三匹会った
e 三匹の猫と会った	*猫と三匹会った
f 三匹の猫で足りない	*猫で三匹足りない
g 三匹の猫から学んだ	*猫から三匹学んだ
h 三匹の猫よりだらしない	*猫より三匹だらしない
i 三匹の猫まであきれている	*猫まで三匹あきれている

数量詞の遊離を許す助詞は変異幅の相対的に大きいものの中で「の」以外の「が」「を」「に」である。変異幅 5 以下の助詞は数量詞遊離を許さない。「の」以外に関しては次のように説明できる。まず、次を仮定する。

(12) 結合条件

数量詞とその被修飾名詞は結合していなければならない。

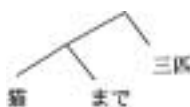
遊離数量詞も結合条件に満たさなければならない。「が」「を」「に」は主要部ではなく投射しない。例えば、「猫を三匹」は次の構造を持つ。

(13)



上の構造で数量詞「三匹」とその被修飾名詞「猫」は結合している。よって、結合条件を満たす。一方、「猫まで三匹」の構造は次のようになっている。

(14)



上の構造で数量詞「三匹」とその被修飾名詞「猫」は結合していない。よって、結合条件を満たさない。意味の変異幅が5以下の助詞は主要部として投射する。これは変異幅5以下の助詞は変数ではなく、自分独自の意味を持つ定数であることを示す。

では、属格の格助詞「の」はどうなっているのか。「の」は変異幅は相対的に大きい。よって、変数である。しかし、数量詞の遊離は許さない。これは「の」が名詞と名詞を接続する性質が関与する。つまり、「の」の前後の名詞Nを変換すると対称性は崩れる。

- (15) a .子供の先生 先生の子供
b .三匹の猫 *猫の三匹

これは「N1のN2」の解釈にはN1とN2の先行関係が意味解釈に関与していることを示す。よって、本稿では「の」は「が」「を」「に」と同様に変数とする。よって、主要部として投射しない。本稿では、「*猫の三匹」が異常性を示すのは、「の」の意味解釈に名詞の先行関係が関与するという「に」の性質によるものであると考える。

付録2 .

連濁は経済性原理に従っている

連濁現象は様々な興味深い問題の宝庫である。次の例を考える。

- (1) a . 青空
b . *あおそら
c . あおぞら

何故、「あおそら」は異常性を示すのか？何故、「あおぞら」と連濁が起こる必要があるのか？段階を追って説明する。今、wを複合語の構成要素とすると、

複合語Wは次のようになる。

$$(2a) W = \{w_1 + w_2 + w_3 + \dots w_n\}$$

ここでは、 $n = 2$ の場合を考える。

$$(2b) \underset{w_1}{[a o]} + \underset{w_2}{[s o r a]}$$

最初の語 w_1 の最後の音は母音 $[o]$ である。母音は有声音であるので声帯の振動を伴う。精確ではないが、簡単な実験として、のどぼとけに指をあてて確かめることができる。後続語 w_2 の最初の音は子音 $[s]$ は無声音であり、声帯の振動を伴わない。今、 $[o]$ が発音されているとする。声帯が振動している。次の段階では二つの選択肢がある。第一の選択肢は声帯をそのまま振動させるというものであり、第二の選択肢は声帯の振動を止めるというものである。図示する。波線は声帯の振動を表す。

(2c) 選択肢①



(2d) 選択肢②



問題はどちらが労力が最小で済むかということである。一度、振動し始めた声帯をそのまま振動させるのは慣性の法則（ニュートンの運動の第一法則：静止または一様な直線運動をする物体は、力が作用しない限り、その状態を維持する）に従うので、余分な指示は要らない。しかし、声帯の振動を止め

て開始するには、「声帯の振動を止めよ」という指示、及び、「声帯の振動を開始せよ」という指示が必要である。運動知覚システムの労力を考慮すると、声帯振動の中断と開始の指示を与えるほうが余分な労力が必要となる。よって、第一の選択肢、つまり、振動を慣性の法則に従って継続するほうが運動知覚システムの労力が少ない。よって、経済性原理に従って、第一の選択肢が選ばれる。

(3) 經濟性原理

労力が最小となるように計算せよ。

w2の最初の子音 [s] は無声音である。[s] と同じ発音パターンを維持したまま、声帯が振動する音は子音 [z] である。よって、w2の最初の子音 [s] は経済性原理に従って [z] で発音される。[o] から [z] への移行においては声帯は振動したままである。これは < ... , s1 , s2 , ... > で二個の音s1とs2がこの順番であるとき、前の音s1が後ろの音s2に影響を与えて、s2がs1に同化する現象である。これを順行同化 (progressive assimilation) と呼ぶ。運動知覚システムが余分な指示を末端器官に送る労力をコストと考えると次のような違いがある。

(4) コスト

a .[ao + sora] 大

b .[ao + zora] 小

連濁はw2が大和言葉（日本固有の語）である場合のみに起こる。外来語では起こらない。

(5) a . 入学試験

b .[nyuugaku + siken]

c .*[nyuugaku + ziken]

(6) a . グランドピアノ

b .[gurando + piano]

c .*[gurando *biano]

何故、大和言葉だけで連濁が起こるのか？それは、大和言葉には濁音で始まる語がないからである。つまり、大和言葉には「そら」という語はあるが、「ぞら」という語はない。よって、「あおぞら」においてw2が「ぞら」となっても簡単にそれを「そら」と同定できるのである（上山 1991）。一見、上の経済性原理による説明の反例と見える例もある。

(7) a .足腰：あしこし（*あしごし）

b .大風：おおかぜ（*おおがぜ）

例（7a）と同じパターンを示すものに、「目鼻」（めはな，*めばな）「親子」（おやこ，*おやご）⁴⁹、「読み書き」（よみかき，*よみがき）などがある。例（7b）と同じパターンを示すものに、「数珠繋ぎ」（じゅずつなぎ，*じゅずづなぎ）「胸騒ぎ」（むなさわぎ，*むなざわぎ）「貸し渋り」（かししぶり，*かしじぶり）などがある。

「あしこし」は何故「あしごし」と連濁しないのか？「おおかぜ」は何故「おおがぜ」と連濁しないのか？これらの例も経済性原理で説明できる。まず、「おおかぜ」の例を考える。何故、「大型」[oo + kata = oogata , *ookata]では連濁が起こるのに、「大風」[oo + kaze = ookaze , *oogaze]では連濁が起こらないのか。問題はw2の中の[z]という音である。次の法則がある。

(8 a)ライマンの法則⁵⁰

複合語W = w1 + w2において、w2に騒子音（[b , d , g , z , dz（ズの子

音), j (ジの子音))がある場合、連濁は起こらない。

ライマンの法則も経済性原理の一種である。騒子音は、有声音の集合の部分集合で、声帯の振動に加えて、空気の摩擦（つまり、空気分子の振動）が大きいという性質を持つ。つまり、騒子音は、声帯も空気分子も振動している音であり、振動が増幅されている。つまり、言語システムの形態部門は、w2に騒子音がある場合は、既に十分、連濁と同じ振動効果が得られると計算するのである。すなわち、[oo + kaze] の場合、w2の最初の無声音[k]では一旦振動は中断されるが、それはその後に騒子音という振動が増幅された音があるので、[k]を[g]に連濁させて [oo + gaze] と発音すると、必要以上に余分な振動を行ってしまうと判断（計算）するのである。しかし、具体的にどう分析すればよいのか。

ここで二つの可能な分析がある。第一の分析は、逆行同化を仮定するものである。第二の分析は振動の労力計算を利用するものである。

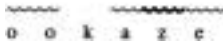
まず、第一の分析を紹介する。音s1と音s2をこの順番で含む音の連続 < ... , s1 , ... s2 , ... > の発音において、後ろの音s2が前の音s1に影響を与えて、前のs1が後ろのs2に同化する場合がある。これを逆行同化（regressive assimilation）と呼ぶ。[oo + kaze] の場合、w2 = [kaze] の騒子音[z]がw2の最初の子音[k]に影響を与えて、[z]の有声音の性質を[k]が担っているものとして計算される。つまり、実際は[k]は声帯は振動していないが、後ろの[z]の存在によって、[k]が振動したものと計算が行われるのである。ここでも、連濁は必要最低限の労力で起こるという経済性原理に従っている。「おおかぜ」を「おおがぜ」と発音するのは、「な」に濁音化して「な」を無理矢理発音するのと同じように、必要以上のことをしていることになる。言語システムは経済性原理に従い、必要最低限の操作しか行わない。この場合、形態部門はw2 = [kaze] の[k]を発音する際に、その先に騒子音があるかないかをいちいち確認していることになる。これは先読み（look ahead）問題を引き起こす。つまり、先読みはメモリ・コストが高い。

第二の分析を紹介する。声帯の振動を図示する。一重波線は騒子音以外の有声音の声帯振動、二重波線は騒子音の声帯振動を示す。

(8 b)

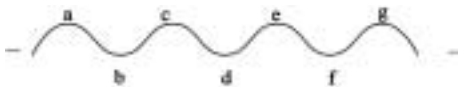


(8 c)



連濁が起こらない複合語「大風」 $W = w_1(oo) + w_2(kaze)$ の $w_2 = [kaze]$ の声帯振動の労力と、連濁が起こる複合語「大型」 $W = w_1(oo) + w_2(gata)$ の $w_2 = [gata]$ の声帯振動の労力が等しいと考える。つまり、 $[oo + gata]$ の場合の、 $[kata]$ の無声音 k を発音方法を維持したまま有声音 g に変える際の労力と、 $[oo + kaze]$ の $[kaze]$ をそのまま発音する労力が等しいはずである。しかし、発音の労力とは何か。ここで、波に関する一般的な方程式を利用する。

(8 d)



ある波の山と山の間、例えば、 c と e の距離を波長 l とおく。すると、波の速度 v は振動数 n と波長 l の積で表される。

(8 e) $v = nl$

振動数 n は波動の力を表す。すると、振動数 n は、

(8 f) $n = v/l$

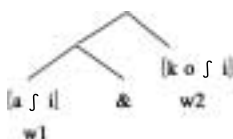
となる。波の速度 v は一定だとすると、波長 l が小さくなればなるほど、振動数 n （力）は大きくなる。つまり、振動数が大きくなればなるほど、発音の労力も大きくなる。すると、[oo + kaze] の [kaze] の振動数と、[oo + gata] の [gata] の振動数が等しい。連濁計算を担う形態部門は、 $w1 = [oo]$ と $w2 = [kaze]$ を結合する際に、 $w2$ の振動数 n の情報を取り出し、その n が通常の連濁の際に発生するコスト（例えば、[kata] を [gata] と発音する際に発生するコスト）と同じであれば、労力最小原理によって、 $w2 = [kaze]$ には何の音韻操作も加えられない。そのまま [oo] と [kaze] を結合する。つまり、一個の無声音を有声音化する労力を E_v (energy for voicing) 騒子音 (obstruent) 一個を発音する際の労力を E_o (energy for producing an obstruent) とすると、次の等式が成り立つ。

$$(8g) E_v = E_o$$

連濁の演算を担う形態部門は、複合語 $W = w1 + w2$ の発音の際に、上の等式が成り立つような計算を行いながら、連濁をするかしないかを決定している。このように考えると、逆行同化は不要となる。また、先読み (look ahead) 問題も回避できる。従って、本稿では第二の分析を提案する。

では、「あしこし」は何故、連濁して「あしごし」とならないのか？ 次のように考える。この種の複合語では $w1$ と $w2$ は同じ資格で存在している。つまり、修飾語と被修飾語の関係にはない。「あしとこし」である。この場合、接続助詞「と」(& で示す) が発音されないまま、構造的に存在している。「あしこし」の構造を示す。& = 「と」。

(9)



問題は、w1の最後の有声音である母音 [i] が、何故、w2の最初の無声音である子音 [k] に影響を与えて、順行同化を起こし、[k] から [g] への連濁変化を起こさないのかということである。ここで問題となるのは構造的距離である。つまり、形態部門は、w1の [i] と w2の [k] は、連濁を起こすには距離的に遠いと判断（計算）する。それは、発音されない接続詞（&）が投射する主要部として構造的に両者の間に割って入り、順行同化の邪魔をするからである。順行同化は最短距離にある二個の音どうして生じる。最短距離の要請は、経済性原理によってなされる。

このように考えると、連濁は、自然言語の音素性の情報処理に一般的に観察される同化現象であるということになる。このように考えると、英語にも連濁現象がある。

（10）英語の連濁現象

活用語尾・edの発音

a die : died	[d]
b talk : talked	[t]
c melt : melted	[id]
d load : loaded	[id]

dieの最後の音は有声音 [i] なので、順行同化により、edは有声音 [d] と発音される。これが連濁にあたる。talkの最後の音は無声音 [k] なので、順行同化により、edは無声音 [k] と発音される。meltのように最後の音が [t] の場合、[tt] を避ける為にedは [id] と発音される。loadのように最後の音が [d] の場合、[dd] を避ける為にedは [id] と発音される。英語では一般的に子音の連続は許される。

（11）spring [spr]

しかし、上のような活用語尾TのようなV + Tの発音が関わる場合、子音の連

続を回避する規則が働く。子音の連続を回避する規則は、例えば、日本語の音情報処理の基本的な規則である（畠山 2004）。

(12) *CC

ここでいう子音とは日本語では単独の1モーラ（1拍）として存在できないような典型的な子音のことである。例えば、撥音[N]（ん）は子音ではあるが単独で1拍となるので典型的な子音ではない。また、半母音[y]は母音的な音値を持つ子音であるが、拗音[kya]のように子音と連続できる。[y]も典型的な子音ではない。

次に、複数を表すsの発音の例を考える。

(13) 複数の形態素sの発音

- | | | |
|---|--------------|--------|
| a | book : books | [s] |
| b | dog : dogs | [z] |
| c | cat : cats | [ts] |

bookの最後の音は無声音なので、順行同化により無声音[s]となる。dogの最後の音は有声音なので、順行同化により有声音[z]となる。後者で連濁と同じ原理が働いている。catの場合、catsの最後を[t]+[s]（「トゥス」のようにならない）と子音を独立させるのは*CCにより排除される。その代わりに、一個の子音[ts]（「ツ」[tsu]から[u]を引いた発音に近い）となる。

最後に、以下の例は、一見、上の分析の反例に見えるが、実は反例ではない。

- (14) a 縄梯子（*[nawa + hasigo], [nawa + basigo]）
 b 蟻食（[ari + kui], *[ari + gui]）
 c 大食い（*[oo + kui], [oo + gui]）

d パン食い競争 ([paN + kui + kyoosoo], [*paN + gui + kyoosoo])

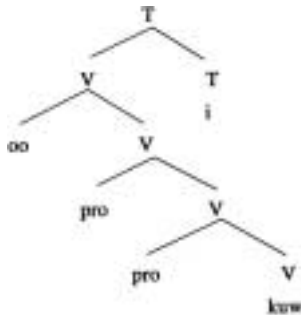
e 株式会社 (*[kabusiki + kaisya], [kabusiki + gaisya])

「縄梯子」はw2に騒子音を含むので、ライマンの法則により、[nawahasigo] となり、連濁が起こらないはずである。しかし、連濁は起こる。何故か。実は上の発音記号は正しくない。w2の [g] は騒子音ではなく、軟口蓋鼻濁音の [り] である。鼻音は鼻腔へ空気が抜ける音であり、騒子音の性質が著しく減少する。形態部門はこの場合w2に騒子音はないと判断（計算）する。よって、連濁は起こる。

「蟻食」は何故 [ari + gui] と連濁しないのか？「蟻食」は全体で固有名詞である。全体で一個の固有名詞Wは、複合語w1 + w2ではないということである。連濁は複合語に適用される操作である。よって、複合語ではない固有名詞が連濁をしないことは反例とならない。連濁は転送後の形態部門の操作である。「蟻食」のような固有名詞の音素性は一語の音素性として辞書内で既に決定されている。その他、「山椒喰」(サンショウクイ) 「仙台虫喰」(センダイムシクイ) は鳥の固有名詞で連濁しない。他にも「人食い女」「面食い」「米喰虫」(コムクイムシ) も同様に一語の固有名詞として辞書に登録されている可能性が高い。

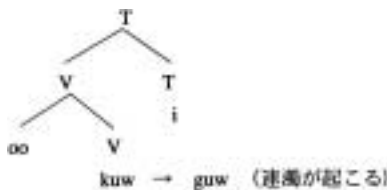
では、「大食い」は何故 [oo + gui] と連濁するのか？「大」は副詞である。通常副詞はVPに付加する。次の構造を仮定したとする。

(15)



上の構造では連濁は阻止されるはずである。順行同化が二個のproに邪魔されるからである。しかし、実際は [oo + gui] と連濁する。これまでの説明では矛盾する。本稿では上の構造は誤りであるとする。「食い」には二種類あり、構造が異なる。第一は「何者かが何かを食べる」という項を持つ「食い」である。第二は「食べる」という行為だけの意味で、「誰が何を食べたか」は問題としない。つまり、項を持たない。例えば、「食べ方」における「食べ」のような用法である。「大食い」の場合は第二の「食い」である。従って、「大食い」は次の構図を持つ。

(16)



上の構造では [oo] の最後の有声音 [o] と [kuw] の最初の無声音 [k] は最短距離にあるので、順行同化が起こる。

では、「パン食い」では何故連濁が起こらないのか？これは「下手物食い」を [getemoN + gui] というふうに発音しても連濁が起こることを考えると奇妙である。また、「パン太り」(パンばかり異常に食べ過ぎて太っている様) という仮定の複合語の場合、[paN + butori] と連濁するので尚更奇妙である。「蕎麦食い」は [soba + gui] と連濁する。しかし、「蕎麦食い競争」は [soba + kui + kyoo soo] と連濁が起こらない。「パン食い(競争)」の場合も、特殊な競争を指し示す固有名詞となっている可能性が高い。

「株式会社」はw2が漢語起源の外来語なので連濁が起こらないはずである。しかし、実際は連濁が起こる。例えば、「ステーキ会食」(みんなで集まってステーキを食べること) では「ステーキがいしょく」ではなく、「ステーキがいしょく」である。「会社」と「会食」の違いは何か。前者は外来性が希薄になっていると考える。外来性が希薄になれば準大和言葉として連濁操作の対象となる。「花歌留多」の「歌留多」も本来は外来語起源の「カルタ」である(ポルトガル語起源)が、外来性が希薄になっている。よって、準大和言葉として連濁操作の対象となり、「はながるた」と連濁が起こる。

註

* 以下の註2に関連しては、本学の松永俊男氏（科学史）、野尻亘氏（経済地理学（物流）・人文地理学方法論）に御教示頂きました。セクション6に関しては、本学の藤間真氏（数学）に御教示頂きました（詳細は註43）。英文要旨の校正は、本学のKevin Gregg氏（言語獲得論）にお世話になりました。この場を借りて、御礼申し上げます。尚、本稿の誤りや不備は、全て筆者の責任、不明に因るものです。

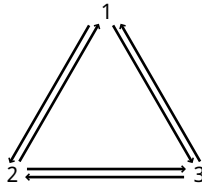
本稿は、佐川・中原（1996, 1997）の「ウイルス進化論」の支持する論考ではない。本稿の支持する進化モデルは、化学反応の自己触媒系に必然的に起こる自己組織化の流れの中で突然変異が生じ、変異が自然淘汰されるとする自己組織化モデルである（Kauffman 1995）。

カウフマンの自己組織化を基盤とした進化の考え方を簡単に紹介する。カウフマンは、ブール代数を利用してランダム結合のブール式ネットワークを作り、コンピュータ上で実験を行い、進化の駆動力と制約に関する境界条件を探った。以下の解説は吉永（1996: 92-97）を参照している。カウフマンはフランスの分子生物学者フランソワ・ジャコブとジャック・モノーの遺伝子スイッチング機構にヒントを得ている。遺伝子スイッチング機構とは、ある遺伝子が他の遺伝子の発現スイッチをオンにしたりオフにしたりして、遺伝子が発現したりしなかったりするシステムである。今、ブール式ネットワークの要素（＝遺伝子）をE、安定状態（＝分化した細胞）をSとおく。ヒトの細胞の種類は254である。カウフマンは安定状態Sの数はネットワークの要素の数Eの平方根であるとふんだ。つまり、

$$(i) S = \sqrt{E}$$

である。ヒトの遺伝子は約10万個だから、10万の平方根は316となる。この316という数はヒトの細胞の種類254に近似しているとカウフマンは考えた。ついでに言うと、この方程式は文構造の形成にも応用できる。文構造の要素は本動詞（語幹）V、軽動詞（助動詞類）v、時制主要部（活用語尾）T、節種導入子Cの4個である。4の平方根は2である。つまり、文構造の安定状態は、主要部先端型か、主要部末端型かの2種類である。また、ブール代数の論理回路で自然言語の構造を表現すると興味深いことが分かる。今、構成素2と構成素3が結合して結合物1ができる言語構造を考える。

(ii)



今、構成素 2 と構成素 3 に関しては、投射した場合の値を 1、投射しない場合の値を 0 とおく。結合物 1 の場合は成立する場合を 1、成立しない場合を 0 とおく。自然言語では構成素 2 が投射するか、構成素 3 が投射するかどちらかである。結合構造では、どちらも投射しないとか、どちらも投射するということはない。結合の論理回路表で示す。

(iii)

2	3	1
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

この回路はXOR回路（排他的論理和回路：エクスオア回路：exclusive OR）である。XOR回路はAND回路とOR回路とNOT回路の合成回路である。つまり、自然言語の文構造構築における最も単純な結合操作自体が、そもそもこのような複雑な合成論理回路として存在していることが分かる。次に、名詞句移動を考える。今、構成素 2 が移動して構成素 3 が結合物 1 に投射する場合を考える。自然言語で許される投射関係はこの場合のみである。名詞句移動の論理回路表で示す。

(iv)

2	3	1
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	0

この回路はXXOR回路（超排他的論理和回路）とでもいうべきものである。XOR回路（排他的論理和回路）から構成素 2 が投射する可能性を排除したものである。つまり、

言語システム = 偽装ウィルスチェックシステム

自然言語の名詞句移動は非常に厳しい制限を持つことが分かる。次に付加操作を考える。付加操作では構成素 2 も構成 3 も投射しない。付加操作の論理回路表を示す。

(v)

2	3	1
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

これはNOR回路である。つまり、自然言語の文構造形成には単純なOR回路やAND回路は存在せず、合成的な論理回路であるXOR回路、XXOR回路、NOR回路が存在している。

さて、生命体は、互いが互いのオン・オフ・スイッチであるような、何百、何万という遺伝子の回路ネットワークである。一般的に3個の構成素（バルブ）から成る回路がとりうる状態は2の3乗の8個である。構成素（バルブ）が1000個の回路ネットワークがとりうる状態の数は、2の1000乗となり、いっきに天文学的数となる。しかし、だからといってカオス状態にはならない。回路の状態は、花瓶に投げ込んだ複数のビー玉が急速にアトラクターの底（the basin of attractors）に落ち着くように、頑強に一定の状態に落ち着く。これがホメオスタシス（homeostasis：システムが外部内部の変化に関わらずシステムの内部環境を一定状態に保つ働き）である。ちょっとやさそとの内外の攪乱ではシステムは影響は受けない。これは、例えば、バルブ1000個のネットワーク回路の全てのOR回路をAND回路にしても変更前の状態と変更後の結果の状態は同じになるというような頑強さである。ウォディントン（C. H. Waddington, 1905-1975, イギリスの発生物学者・古生物学者・遺伝学者・発生学者・哲学者。システム生物学の基礎を築いた）のいう「運河化」(canalisation) すなわち、遺伝子型や環境の変化に関わらず、有機体と同じ表現型をうみだす能力とも通底する考え方である（Chomsky 2004）。

純粋ダーウィニスト達は、種の安定状態は、自然選択による膨大な回数の進化実験の結果、得られると言う。これに対して、カウフマンは、まさにその、生物の持つ進化する能力自体の起源（the origin of the very ability to evolve）を説明することが課題なのだと言う。カウフマンは、種の安定性は自然選択のような外部からの条件によって制約されているのではない（this stability cannot be imposed from outside by natural selection）と言う。そうではなくて、種の安定性は、進化能力自体に対する制約条件から生まれるものだ（it must arise from within as a condition

of evolution itself) とカウフマンは言う (Kauffman 1995)。

「ウイルス進化論」によれば、いわゆる生物ウイルス（本当は半生物ウイルス）が進化の駆動力である。例えば、キリンは一斉にウイルス感染して首長病にかかった結果、全員が長い首となった。つまり、進化による変異は、種のウイルスへの集団感染によって起こる。

本稿は、あくまで、ヒト脳の言語システムの話である。ヒト脳言語システムの計算アルゴリズムの中に代数的な変数消去が含まれることを、経験的証拠を提示しながら主張する。しかし、本文で述べるように、物質の根源を情報とする一元論の下では、生体内の（無）生物ウイルス、コンピューター回路内のコンピューターウイルス、ヒト脳言語システムのニューロンネットワーク内の構造素性（変数）ウイルスも、全て情報であり、消去が失敗すると、システム不全をもたらす抗原的な存在である。しかし、言語システム内の構造素性ウイルスは、他二者とは違い、既に言語システムと共生関係にあるウイルスである。つまり、構造素性ウイルスがなければ、文構造が形成されない。構造素性ウイルスは文構造構築の駆動力として言語システムになくてはならないものである。つまり、ヒト脳言語システムの構造素性ウイルスは、かつては生命体の外に存在していた（その生命体の中には存在していなかった）が、生命体の中に侵入し、寄生し、共生関係を結ぶようになった細胞内のミトコンドリアや消化器官内の大腸菌のようなものである。ミトコンドリアや大腸菌は宿主である細胞や消化器官にとってなくてはならない存在である。

1 訳は筆者による意識である。原文を示す。

Nowhere in science have we an adequate way to state and study the interleaving of self-organization, selection, chance, and design. (Kauffman 1995 : 185)

米沢富美子による監訳本ではinterleavingを以下のように「関係」と訳出している。

「科学のどこを探しても、自己組織化、自然淘汰、偶然、自然の設計の関係を記述し研究する適切な方法は存在しない。」

原文のinterleaveという動詞の辞書的な意味は、「本にトレース紙や白紙などを綴じ込む」、または、通信コンピューター用語として「処理の高速化のために交互配置する」である。よって、interleavingを「関係」と訳出するのは適切ではない。Kauffmanが伝えたかったことは、「自己組織化、自然選択、確率、設計の問題が、この世界という書物にどのように綴じ込まれているのか、そして、それらはどのように影響しあって進化（変異・変化）の速度を上げてきているのか」というようなことであっただろう。進化（変異・変化）の速度が上がってきているという

のは、38億年の生命の歴史の中で、この宇宙（母なる自然）にとっての鼻摘み者であるヒトのような生物が出現したのはついこの間（200万年前）であるという事実を念頭に置いている。38億年を1年に譬えと、1月1日の午前零時の年明けに最初の生命が誕生して、ヒトが出現したのは12月31日の午後7時頃である。この大晦日の午後7時に地球を壊しかねないならず者生物が誕生し、そして、実際、地球は無事に年を越せるかどうか分からない状況である。Kauffmanがinterleaveのような製本に関連する用語を使用したのは、ガリレイ（G. Galilei, 1564.1642, イタリアの天文学者・物理学者・哲学者）の「自然という書物は数字と幾何学図形という文字によって書かれている」という趣旨の表現を念頭に置いていたと考えられる。

2 本稿では生命の進化モデルの種類については大まかに次のように整理しておく。

- (1) 進化の総合学説（総合モデル）（突然変異 自然淘汰。遺伝子の突然変異が生じ、その変異が自然淘汰（適者生存（survival of the fittest）：有利なDNA（変異）が定着する/残る）により選別される。G. J. メンデル（1822.1884, オーストリアの修道士）の遺伝法則や突然変異の考え方と、C. R. ダーウィン（1809.1882, イギリスの地質学者・博物学者・古生物学者）の自然淘汰モデルを融合。進化の標準理論。）
- (2) 中立説（支配的な変異は中立的である。遺伝的浮動によって、運よく集団中に広まり定着するかどうかの問題となる。DNAは有利でも不利でもどちらでもよい。つまり、DNAの有利さと定着は関係ない。好運者生存（survival of the luckiest）。木村資生（1924.1994。遺伝学者。1992年にダーウィン・メダル賞を日本人で初めてイギリス王立協会から贈られた。）によって提唱された。水谷（2008a：102.103））
- (3) 自己組織化モデル（自己組織化 突然変異 自然淘汰。化学反応の自己触媒系・相互触媒系の自己組織化の頑強な流れの中で必然的に突然変異が生じ、その変異が自然淘汰により選別される。Kauffman（1995）など）
- (4) 突然変異後追いモデル（後追いモデル）（自然環境悪化 突然変異 + 獲得形質遺伝 自然淘汰。自然環境悪化という物理的環境因子の制約に生物が悪戦苦闘する中で、遺伝子の突然変異 + 獲得形質遺伝が後を追って生じる。例えば、脊椎動物の進化には重力という物理的因子が多大な影響を与える。三木（1983）、西原（1997）など）

現在の一般的な考え方では、目に見えるミクロな形態レベルの進化は（1）の総合学説、目に見えないミクロの分子レベルの進化は（2）の中立説によって説明するとなっている。しかし、マクロレベルでもミクロレベルでも（2）の中立説の立場

をとる研究者もいる（水谷（2008a））。本稿では（3）の進化の自己組織化モデルを仮定している。以下、参考のために、三つの論点に絞って、関連する学者とその学説をランダムに列挙しておく（松永（1987）、福岡（2008）、エンカルタ総合大百科2004参照）。上の三種類のモデルとの関連を示す。

論点一：DNA = 全ての生命設計の共通語

R. オーエン（1804.1892、イギリスの比較解剖学者・古生物学者）：生命は共通のプラン（設計図）から進化する。

E. H. ヘッケル（1834.1919、ドイツの生物学者・哲学者）：「個体発生は系統発生を繰り返す。」心理学を生理学の一部門としたのは、現在の生物言語学の考え方と通底する。

E. ダーウィン（1731.1802、イギリスの植物学者・医師・詩人。C. R. ダーウィンの祖父）：生命は一個のフィラメントから生じる。生命現象は電氣的・化学的法則に支配されているが、「電球のフィラメント」という直感は部分的には正しかった。進化の要因は環境の変化に対する動物の反応である（後追いモデルと通底）。

J. B. P. A. M. ラマルク（1744.1829、フランスの植物学者・無脊椎動物学者・博物学者）：進化の三法則を提唱。①進化は外的環境因子に影響を受ける。②多用される器官は発達し、使用されない器官は退化する（用不用説）。③獲得形質は遺伝する。後追いモデルと通底する。

A. R. ウォレス（1823.1913、イギリスの博物学者）：進化の要因は自然環境のみで、生物の形質には合目的性がある（松永 1987：86）（後追いモデルと通底）。

H. M. ド・フリース（1848.1935、オランダの植物学者）：遺伝法則を独自に再発見。新種が生まれる要因は突然変異であるとした。

R. ドーキンス（1941.、イギリスの進化生物学者・科学啓蒙家）：生命は遺伝子の乗り物に過ぎない（利己的遺伝子）。オスは自分の母親のDNAを別の娘に届けるだけのパシリ（福岡 2008）。

論点二：ウイルスの介在

B. マクリントック（1902.1992、アメリカの遺伝学者）：染色体間、個体間の水平方向の遺伝情報伝達を担う跳躍遺伝子を発見。ウイルスが進化に重要な役割を果たすとするウイルス進化学、ウイルス進化論、また、生命体の外部に存在したミトコンドリア、大腸菌、乳酸菌などが、宿主に侵入し、寄生し、宿主を助け、宿主と共生するようになったとする細胞共生説の理論的、実証的基盤。

論点三：カンブリア紀問題の指摘・解決案

S. J. マイバート（1827-1900，イギリスの動物学者）：ダーウィン学説を批判する著書『種の誕生』を刊行。ダーウィン学説の反証として、種が長期にわたって安定であること、化石の証拠は不連続な進化を示唆することなどを挙げて反論した（松永 1987：185）。以下のグールドの断続平衡モデルの可能性を約100年前に示唆していたことになる。

S. J. グールド（1942-2002，アメリカの地質学者・古生物学者・進化生物学者）：進化は、比較的短期間（断続状態）における爆発的な種分化の後、長期にわたる安定期（平衡状態）が続くというパターンで起こる。

カンブリア紀問題の一解決案。自己組織化モデルと通底する。

さて、現代の進化論の標準理論である進化の総合学説とは、進化の駆動力を、遺伝子の突然変異（メンデルの功績）と自然淘汰（ダーウィンの功績）とするものである。しかし、総合学説に対する反証がある。この反証可能性については、少なくとも第六版ではダーウィン自身が意識し、自著の中で言及している。ダーウィンによれば、自然淘汰は漸進的（段階的、ステップバイステップでゆっくりと）起こるものであって急激には起こらない。しかし、カンブリア紀（5億4000万年前～4億8800万年前の5200万年間）には進化の大爆発（膨大な種類の無脊椎動物の突然の出現）が起きた（本稿では「カンブリア紀問題」と呼ぶ。尚、カンブリア系を発見、名付けたのは、ダーウィンが入学したケンブリッジ大学教授で地質学の権威セジウィック（A. Sedgwick, 1785-1873）であった。ダーウィンはセジウィックから地質学の手ほどきは受けたが、地質学という学問に魅力を感じず、セジウィックの地質学の授業には一回も出席しなかった（松永 1987：49）後にダーウィンは「地質学の標準的教科書の執筆者」（ibid., 35）であったライエル（C. Lyell, 1797-1875）の下で地質学を学びなおすことになるが、地質学者を自称するダーウィンの地質学への思いには複雑なものを感じる。当時、地質学は高貴な学問のイメージがあった（矢島 2008）。セジウィックはダーウィン学説を、「人間が野獣から変化してきたという説は許しがたい」として激しく批判した（松永 1987：49）。尚、分子進化学者の宮田隆（1940-）によると、進化の大爆発は少なくとも3回は起きている。第1回目は38億年前から10億年前の間で、真核生物だけが持つDNAの爆発的進化が起こった。これは、DNAの利用の仕方を変えるもので、DNA重複、ゲノム重複によって起こる。第2回目のDNAの爆発的進化は10億年前から9億年前の間で、多細胞だけが持つDNAの爆発的進化である。第3回目が5億4千万年前のカンブリア紀の形態爆発である。これがいわゆるカンブリア紀問題である。第4回目が5億年前の脊椎動物だけが持つDNAの爆発的進化が起こっ

た（水谷（2008：108・109））。

ダーウィン自身はカンブリア紀問題が自然選択説にとって致命的な反証になることを認めている。しかし、ダーウィンはこの問題をDifficulties of the theory（学説の難点）の章ではなく、On the imperfection of the geological record（地質学的記録の不完全について）に書いている。つまり、ダーウィンは、カンブリア紀の進化爆発は起こっておらず、将来の正確な地質学研究によってカンブリア紀にも緩慢な進化だけが継続していたと証明されるであろうと主張したかったようである。ダーウィンは地質学領域のノーベル賞に相当するウォラストン・メダルを受賞し、ロンドン地質学会書記も務め、一流の地質学者という名声があった（矢島 2008）。そのような一流の地質学者としてのダーウィンが、当時の地質学のレベルの未熟さを理由に、カンブリア紀の断続的な進化の爆発とその後の安定状態に疑問を呈し、自説の漸進的変異を支持するということは、証拠はなくてもある程度の説得力はあったであろう。

現在では分子レベルの進化は、ダーウィンの主張したように漸進的であると考えられている。分子レベルでは、進化速度は種によらず一定であるとする分子時計の考え方がある。つまり、タンパク質や遺伝子が、ある時間あたりにほぼ一定の数の変異を蓄積してきた。マクロな形態的变化が過去4億年の間なかったように見えるシーラカンス（硬骨魚綱総鱗類の魚の一群．(coelacanth)）でさえ、分子レベルでは一定の進化（変化）をとげてきている（水谷（2008：100））。

また、ダーウィンは当時の物理学の権威に自分の学説を強く批判されながらも、その批判の根拠を疑い続け、しかし、その批判に反論できずに悩んでいた。そのダーウィン批判者は、トムソン（W. Thomson. Baron Kelvin, 1824-1907, アイerland生まれの物理学者、熱力学の研究で有名、絶対温度の単位KはKelvinに因む）である。トムソンは、進化論とは関係なく、地球の構造と熱伝導の計算から地球の年齢は2千万年ないし4億年とし、結果的に地球の年齢は1億年だと推定していた。そして、このような短い期間に自然選択による生物進化は不可能であるとダーウィン学説に反論したのである。ダーウィンはトムソンの計算結果が幅が大きいことなどを理由にトムソンの反論の根拠は疑わしいと思っていたが、反論できなかった。現在では放射性元素が何千万年、何億年という時間単位で別の元素に変化する性質を利用した年代測定法により、カンブリア紀の始まりは約5億年前で、地球の年齢は46億年と計算されている。第六版の修正の際、ダーウィンがCambrian（カンブリア）という用語に変更している部分では、ダーウィンは漸進的進化の反証、断続平衡進化の支持としてカンブリア紀問題を丁寧に取り上げている。ここでもダーウィンはトムソンの批判を自分の学説にとって致命的な

反証になるかもしれないと告白しながら、当時の地質学や物理学の定説が間違っている可能性を指摘した。少なくともトムソンのダーウィン批判の根拠には誤りがあったことになる。

以下、ダーウィンがカンブリア紀問題を自説にとって致命的 (fatal) な反証例となりうることを認識していたことを示す部分を原文から引用する。尚、本稿ではダーウィンの著書 (初版本の題名は *On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life* (Darwin(1859))である。本稿で参照した初版原本は、Barrett and Freeman (eds) (1988) (Pickering版) 所収の *On the origin of species* 1859である。第六版以降の改訂版原本としては、Everyman's Library版 No. 811 (J. M. Dent & Sons Ltd, 1928) の *The origin of life* (Everyman版) 及び、D. Appleton and Company版 (Volume I and Volume II) の *The origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the structure for life* (Appleton版) を使用した。初版の書名は *On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the structure for life* と冒頭に前置詞の *on* があったが、第六版で題名から前置詞 *on* が削除された (岩波翻訳本の解題より) とあるので、本稿が参照している原本は第六版以降ということになる。また、邦訳として『種の起源』(八杉龍一 (訳) 1990改訂版, 岩波文庫 (上・下)) を参照した (八杉龍一, 1911.1997, 生物学史家, 環境因子が形質の変化を引き起こし、その獲得形質が遺伝するという学説を提唱したソ連の育種学者ルイセンコ (T. D. Lysenko, 1898.1976) を支持 (ウィキペディア))。岩波翻訳本は初版本を訳出したものである。従って、以下では、ダーウィンがカンブリア紀問題を意識していたであろう箇所について、改訂版で *Cambrian* という語が追加されている付近を引用しながら解説する。引用は、初版英語原文、八杉日本語訳、第六版英語原文の順で示す。改訂版ではダーウィンはカンブリア紀問題を自説にとって致命的な反証となりうるとより深刻に認識していたことが分かる。ポイントとなる箇所に下線を施す。

(i) If numerous species, belonging to the same genera or families, have really started life all at once, the fact would be fatal to the theory of descent with slow modification through Natural Selection. (Pickering版, 216)

(もしも、おなじ属または科にそくする多数の種の生命がすべて同時にはじまったということが真実ならば、その事実は、自然選択による緩慢な変化をもつてする由来の学説にとって致命的なものになるであろう。 (ibid., 下, 34.35))

If numerous species, belonging to the same genera or families, have really started into life at once, the fact would be fatal to the theory of evolution through natural selection. (Everyman版 , 311)

初版原文ではあったslow modification (漸進的な変異) という表現が、第六版原文では削除してある。この削除はダーウィンがカンブリア紀問題を深刻に受け止めていたことを示す。ダーウィンがslow modificationという表現を改訂版で削除したという事実は、彼が断続的な変異を受け入れる準備ができていたことを示すのではないか。fatalというのは「生死に関わる」「致命的な」「運命を決定する」という極端な意味を持つ語である。ダーウィンがカンブリア紀問題による自説の反証可能性を、自然選択説の命運を決めるものとして認識していたことが分かる。しかし、一方では、ダーウィンがこのような極端な表現をいとも簡単に使用しているのを見ると、逆に、「自分には世界中から集めてきた化石や標本などの確固たる証拠がある、その動かぬ証拠を基に自分は自然選択説を提案している、このような確固たる証拠の基に提案された仮説をあなた方は全く無にする (自然選択説を致命的に葬り去る) ことができるのか、できるはずはない」というダーウィンの自信も感じられる。また、原文のreallyの語を含む文の意訳は「もし、様々な生物が、本当に、突然一斉に出現したのであれば、自分の理論の決定的な反証となるであろう」である。この文の背後には「しかし、そんなことはあり得ない」という、一流地質学者ダーウィンの自信が感じられる。そして、このことはすぐ後の次の文をみると分かる。

(ii) But we continually overrate the perfection of the geological record, and falsely infer, because certain genera or families have not been found beneath a certain stage, that they did not exist before that stage. (Pickering版 , 216)

(しかし、われわれはいつも地質学的記録の完全さを過大に見ているのであり、そのため、ある属または科がある段階の下に発見されないと、その属や科がその段階よりまえには存在していなかったというように、誤って結論をくだすのである。 (ibid., 下 , 35))

But we continually overrate the perfection of the geological record, and falsely infer, because certain genera or families have not been found beneath a certain stage, that they did not exist before that stage. (Everyman版 , 311)

初版原文は第六版でも修正されていない。ダーウィンは地質学を批判することによって、自説を擁護しようとしている。地質学を批判することができたのは、自

他ともに認める一流の地質学者としてダーウィンだからこそできたことであろう。ダーウィンは、カンブリア紀の当該時期の進化の断続的な爆発は自分の自然淘汰説の強力な反証とはならない、将来の綿密・正確な地質調査によってカンブリア紀以前の化石が発見され、自然淘汰説通りの緩慢な漸進的進화가証明されるだろうと考えていた。しかし、反論しながらも、ダーウィンがカンブリア紀問題が自分の進化モデルの反証となりうることは十分認識していた。翻訳の問題を指摘する。stageには地質学用語の「層」の意味がある（ジーニアス英和辞典第三版（大修館書店））。地層累重の法則（下の地層は上の地層より古い）より、beneath a certain stageは「ある段階の下に」ではなく「ある地層の中に」（beneathには「～に隠れて」の意味がある）before that stageは「その段階よりまえには」ではなく「その地層形成期（地質年代）以前には」とでも訳すべきであろう。

カンブリア紀問題が自説に対して反証可能性を持つことをダーウィンが認識していたことを示す箇所をもう少し解説しながら列挙する。

(iii .a) To the question why we do not find records of these vast primordial periods, I can give no satisfactory answer. (Pickering版 , 220)

（この広大な最初の時期の記録がなぜ発見されないのかという疑問にたいしては、私は満足な答えをすることができない。（ibid., 下, 40））

To the question why we do not find rich fossiliferous deposits belonging to these assumed earliest periods prior to the Cambrian system, I can give no satisfactory answer. (Everyman版 , 315)

改訂版原文ではrich（大量の）とCambrian（カンブリア）という語が追加されている。つまり、ダーウィンはカンブリア紀問題の物的証拠が量的に大量であるという修正をわざわざ行った。これは証拠の確かさをダーウィンが受け入れたことを示す。改訂版のこの辺りには、初版では出てこないCambrianという用語が頻出する。ダーウィンは初版（1859年）でCambrianという語を避けたようにも見える。これはダーウィンの先生でありながら自然選択説に反対した地質学者の権威セジウィックがカンブリア系の発見者でカンブリア紀の名付け親（命名年1835年（松永 1987 : 55））であったことが関係しているのではないか。初版出版段階で、セジウィックがCambrianという語を導入してから24年経っていたわけだから、Cambrianという語を使う必要があったのであれば使用したはずだ。何故、ダーウィンは改訂版ではCambrianという語を多く挿入したのか。セジウィックに対する怒りが溶けたのか、それとも、Cambrianという語の使用を状況的に避けることができなかったのか。いずれにしても、ダーウィンは自分はカンブリア紀問題に対して満足な答えを出すことができないと素直に認めている。

(iii·b) The case at present must remain inexplicable; and may be truly urged as a valid argument against the views here entertained. (Pickering版, 220)

(いまのところ、この例は説明のできぬままのこしておくほかはない。それは実際に、ここで私がとってきた見解に反対する有力な議論として主張することができであろう。(ibid., 下, 41))

The case at present must remain inexplicable; and may be truly urged as a valid argument against the views here entertained. (Everyman版, 316)

この箇所も初版原文は修正されていない。上のthe case at presentとはカンブリア紀問題である。ダーウィンは、カンブリア紀問題が、自説に対する真に有効な反証として自分に迫ってくるかもしれない(may be truly urged as a valid argument against ...)ことを認識していた。しかし、一方では、ダーウィンは自説の漸進的進化を主張している。

(iv·a) For instance, I cannot doubt that all the Silurian trilobites have descended from some one crustacean, which must have lived long before the Silurian age, and which probably differed greatly from any known animal. (Pickering版, 219)

(たとえば私は、シルリア紀の三葉虫の全部が、シルリア紀よりずっと以前に生息していたにちがいない、そして既知のどの動物ともおそらくひじょうにちがっていたであろう、ある種類の甲殻類に由来するものであることを、うたがうことができない。(ibid., 下, 39))

For instance, it cannot be doubted that all the Cambrian and Silurian trilobites are descended from some one crustacean, which must have lived long before the Cambrian age, ... (Everyman版, 315)

初版原文では、I cannot doubt that ... (私は ... ということを疑うことはできない)とあるのが、第六版原文では、it cannot be doubted that ... (... ということは間違いない)となっている。つまり、「漸進的進化を私は信じている」から、「漸進的進化はまちがいない」という表現の変化がみられる。改訂版の表現において「私」が削除されていることは、ダーウィンの自信喪失を示すのか。ここでもCambrianという語が追加されている。

(iv·b) Consequently, if the theory be true, it is indisputable that before the lowest Silurian stratum was deposited, long periods elapsed, as long as, or probably far longer than, the whole interval from the Silurian age to the present day; and that during these vast, yet quite unknown, peri-

ods of time, the world swarmed with living creatures. (Pickering版, 219)
(したがって、もしも私の学説が真であるなら、最古のシルリア紀層が堆積する以前に、シルリア時代から現代にいたる全期間とおなじくらいながい、いやおそらく、それよりずっとながい、年月が経過したのであること、そして、この広大な、しかもまったく未知の期間に、世界が生物でいっぱいになっていたということは、議論の余地なく明白である。(ibid., 下, 40))

Consequently, if the theory be true, it is indisputable that before the lowest Cambrian stratum was deposited, long periods elapsed, as long as, or probably far longer than, the whole interval from the Cambrian age to the present day; and that during these vast periods the world swarmed with living creatures. (Everyman版, 315)

上の二つの引用では、断続平衡進化ではなく、自説の漸進進化が正しいとダーウィンは主張している。

(iv.c) 以下の文は初版原文にはない。

Here we encounter a formidable objection; for it seems doubtful whether the earth, in a fit state for the habitation of living creatures, has lasted long enough. Sir. W. Thompson concludes that the condolidation of the crust can hardly have occurred less than 20 or more than 400 million years ago, but probably not less than 98 or more than 200 million years. These very wide limits show how doubtful the data are; and other elements may have hereafter to be introduced into the problem. Mr. Croll estimates that about 60 million years have elapsed since the Cambrian period, but this, judging from the small amount of organic change since the commencement of the Glacial epoch, appears a very short time for the many and great mutations of life which have certainly occurred since the Cambrian formaton; and the previous 140 million years can hardly be considered as sufficient for the development of the varied forms of life which already existed during the Cambrian period. It is, however, probable, as Sir William Thompson insists, that the world as a very early period was subjected to more rapid and violent changes in its physical conditions than those now occurring; and such changes would have tended to induce changes at corresponding rate in the organisms which then existed. (Everyman版, 315)

((大意): 地球が生命の住める状態で十分ながくつづいてきたかどうかは、重大な問題である。サー・タムソン(W. Thomson)によれば、地殻の凝固は、

二千万年未満あるいは四億年以上のむかしにはおこりえず、九八〇〇百万年と二億年のあいだのむかしにおこったのだという。これほどひろい範囲であることは、そのデータがうたがわしいことを示す。クロル氏はカンブリア紀いらい六千万年とするが、生物の大きな変化にはみじかすぎる。それ以前の一億四千万年でも、なお十分ではない。しかし、サー・ウィリアム・タムソンの主張するように、初期には世界の物理的条件の変化がはげしく、生物にもそれに相応する速さで変化をひきおこしたであろうことは、考えられる。)

この部分は、トムソンの反論に対し、トムソンの主張する地球年齢は短すぎるというダーウィンの反論である。この箇所は初版原本にはなく、八杉岩波訳本では訳者注(58)で改訂版の追加文として大意が記してある。大意とは言いながらも八杉はほとんど直訳を行っている。しかし、以下の下線部に対応する箇所だけは削除されている。

... but, this, judging from the small amount of organic change since the commencement of the Glacial epoch, appears a very short time for the many and great mutations of life which have certainly occurred since the Cambrian formaton; ...

(氷河期の始まり以降の動植物の変異が小さいことから判断すると、これ(一億四千万年という期間)は、カンブリア紀以降に確実に生じた、多くの重要な生命の突然変異が起こるのは短すぎるようにみえる。)

印象的には八杉は上の一節だけを特別に削除したように思える。何故か。突然変異が確実に起こったという記述があるからか。八杉の支持したと言われるルイセンコ学説では突然変異ではなく、人間の意図と意思による人工的な環境調整によって変異を操作できるとしているわけだから、確かにこの記述はルイセンコ学説の支持者にとっては認めたくない点だろう。だからこそ、この辺りを「大意」で示すにとどめて、あえて、この一節を見えないようにしたということなのか。しかし、翻訳者として意図的にこの原文だけ無視して翻訳しないということは許されないだろう。しかし、現時点でははっきりしたことは何も言えない。第六版の索引にはmutationの項目もない。今後、初版と第六版でmutationという語を含む箇所を八杉がどのように処理しているかを調べる必要があるだろう。

(iv. d) We should not forget that only a small portion of the world is known with accuracy. M. Barrande has lately added another and lower stage to the Silurian systems, abounding with new and peculiar species. Traces of life have been detected in the Longmynd beds beneath Barrande's so-called primordial zone. (Pickering版, 220)

(われわれは、世界の小部分しかくわしく知られていないことを、忘れるべきではない。バランド氏は最近、シルリア層に、新しい特殊な種を豊富に含む他の、それより下部の段階をつけくわえた。バランドのいう初生帯の下にあるロングミンド床には、生命の痕跡が発見されている。(ibid., 下, 40.41))

We should not forget that only a small portion of the world is known with accuracy. Not very long ago M. Barrande added another and lower stage, abounding with new and peculiar species, beneath the then known Silurian system; and now, still lower down in the Lower Cambrian formation, Mr. Hicks has found in South Wales beds rich in trilobites, and containing various molluscs and annelids. ... (Everyman版, 316)

ダーウィンは、我々の観察は常に不十分であると戒めている。これは自説批判に対する反論である。Cambrianという語が追加されている。

(iv.e) 初版にはない。

Sir W. Logan states that their (= three great series of strata beneath the Silurian system in Canada)“united thickness may possibly far surpass that of all the succeeding rocks, from the base of the paleozoic series to the present time. We are thus carried back to a period so remote, that the appearance of the so-called Primordial fauna (of Barrande) may be some be considered as a comparatively modern event.” ...

Thus the words, which I wrote in 1859, about the existence of living beings long before the Cambrian period, and which are almost the same with those since used by Sir W. Logan, have proved true. (Everyman版, 316)

この部分は初版にはない。八杉翻訳本では訳者注(第9章)で改訂版の要点だけ以下のように示してある。

(カナダのローレンシア層におけるエオゾオン(Eozoon)の存在。これについてのサー・ローガンからの引用文。エオゾオンは全動物綱のうち最低の体制にものにぞくするが、その綱のものとしては高度の体制であり、ドーソン博士ののべているように多数存在して微小な生物をえさとしていたこと。このように、カンブリア紀以前に生物がいたことについて一八五九年に私がかき、のちローガンがおなじようにいったことが、たしかめられたこと。(ibid., 下, 347))

ここでは、ダーウィンはカンブリア紀以前にも生物が存在したという証拠を紹介している。

(iv .f) But the difficulty of understanding the absence of vast piles of fossiliferous strata, which on my theory no doubt were somewhere accumulated before the Silurian epoch, is very great. (Pickering版, 220)

(しかし、私の学説にしたがえば疑いなくシルリア紀以前にどこかに堆積したはずである広大な含化石層が、見られないということの理解の困難は、はなはだ大きい。(ibid., 下, p . 41)

Nevertheless, the difficulty of assigning any good reason for the absence of vast piles of strata rich in fossils beneath the Cambrian system is very great. ... (Everyman版, 316)

カンブリア紀以前にも生物の存在は確認されたが、広大な含化石層が発見されないという量的な観点から、ダーウィンはカンブリア紀問題は依然として解決されていないことを自覚していた。

(iv .g) If then we may anything from these facts, we may infer that where our oceans now extend, oceans have extended from the remotest period of which we have any record; and on the other hand, that where continents now exist, large tracts of land have existed, subjected no doubt to great oscillations of level, since the earliest Silurian period. (Pickering版, 221))

(もしわれわれがこれらの事実から何かを推論することができるとすれば、それはつぎのようなことであろう。すなわち、いま海岸がひろがっているところには、われわれが何かの記録をもっているかぎりのとおいむかしから海洋がひろがっていたのであり、他方、いま大陸が存在しているところには、最古のシルリア紀いらいひろい陸地が存在して、疑いもなく水準の大変動をこうむってきたのである。(ibid., 下, 42))

If then we may infer anything from these facts, we may infer that, where our oceans now extend, oceans have extended from the remotest period of which we have any record; and on the other hand, that where continents now exist, large tracts of land have existed, subjected no doubt to great oscillations of level, since the Cambrian period. (Everyman版, 317)

SilurianがCambrianに変更されている。

(iv .h) At a period immeasurably antecedent to the Silurian epoch, continents may have existed where oceans now spread out; ... (Pickering版, 221))

(シルリア紀よりはるか以前の時代には、いま海洋がひろがっているところに大陸が存在していたかもしれない。(ibid., 下, 43))

At a period long antecedent to the Cambrian epoch, continents may have existed where oceans are now spread out; ... (Everyman版 , 317)

SilurianがCambrianに変更されている。

(iv .i) Nor should we be justified in assuming that if, for instance, the bed of the Pacific Ocean were now converted into a continent we should there find formations older than the Silurian strata, supposing such to have been formerly deposited; ... (Pickering版 , 221)

(さらに、われわれは、もしもたとえば太平洋の海床がいま大陸に変わったとしても、シルリア紀層より古い岩層が以前に堆積していて、それが発見されるであろうと考えるのも、正当ではない。(ibid., 下 , 43))

Nor should we be justified in assuming that if, for instance, the bed of the Pacific Ocean were now converted into a continent, we should there find sedimentary formations in a recognisable condition older than the Cambrian strata, supposing such have been formerly deposited; ... (Everyman版 , 317.318)

原文のNor should we be justified in assuming that ... というのは、「 ... というふうに考える根拠はない」というぐらいの意味であろう。ここでもダーウィンは地質学的証拠の不確実性を指摘することで自説を擁護している。

(iv .j) The several difficulties here discussed, namely our not finding in the successive formations infinitely numerous transitional links between the many species which now exist or have existed; the sudden manner in which whole groups of species appear in our European formations; the almost entire absence, as at present known, of fossiliferous formations beneath the Silurian strata, are all undoubtedly of the gravest nature. (Pickering版 , 222)

(この章で論じてきたいろいろの難点、つまり、継起する岩層中には現存しておりあるいは現在していない多数の種のあいだにおける移行的な連鎖が無限に多くは発見されないこと、わがヨーロッパの諸岩層で種の全群が突然に出現していること、現在知られているかぎりではシルリア紀層より下には化石をふくむ岩層がほとんど完全に欠けていること、これらはどれも、疑いなくきわめて重大な性質のものである。(ibid., 下 , 43.44))

The several difficulties here discussed, namely · that, though we find in our geological formations many links between the species which now exist and which formerly existed, we do not find infinitely numerous fine

transitional forms closely joining them all together; · the sudden manner in which several groups of species first appear in our European formations; · the almost entire absence, as at present known, of formations which in fossils beneath the Cambrian starata, · are all undoubtedly of the most serious nature. (Everyman版 , 318)

初版ではour not finding in the successive formations infinitely numerous transitional links between the many species which now exist or have existedとなっている。つまり、初版では「漸進的進化について十分な証拠を持っていないことが重大な問題だ」と言っている。ところが、改訂版では、we find in our geological formations many links between the species which now exist and which formerly existed, we do not find infinitely numerous fine transitional forms closely joining them all togetherに変更されている。つまり、「漸進的進化の多くの証拠を発見したが、大量の上質の証拠を発見していない」と言っている。つまり、漸進的進化の証拠はあるのだが、証拠の量と質が不足していると言っている。これもダーウィンが同時代の地質学のレベルの未熟さを楯にして自説を擁護している箇所である。しかし、ダーウィンは自説に対する反証例（カンブリア系の下に含化石層がほとんど欠如していること）などを挙げ、それらが全て自説にとって疑いなく最も深刻な反証になりうる（all undoubtedly of the most serious nature）と明言している。ダーウィンは地質学や科学の本質的な不完全性を楯にして自説を擁護しながら、一方では、自説の反証可能性を認めている。自説に対する自信と不安という相反する感情をダーウィンが吐露している印象を受ける。

(iv·k) 初版にはない。

Such objections as the above would be fatal to my view, if it included advance in organization as a necessary contingent. They would likewise be fatal, if the above Foraminifera, for instance, could be proved to have first come into existence during the Laurentian epoch, or the above Brachiopods during the Cambrian formation; ... (Everyman版 , 337)

この改訂版の原文では、ダーウィンはfatal to my view（私の説にとって致命的）という表現を二回続けて使用しながら、自説にとっての反証例を紹介している。

(iv·l) Seeing, for instance, that the oldest known mammals, reptiles, and fish strictly belong to their own proper classes, though some of these old forms are in a slight degree less distinct from each other than are the typical members of the same groups at the present day, it would be vain to

look for animals having the common embryological character of the Vertebrata, until beds far beneath the lowest Silurian strata are discovered . a discovery of which the chance is very small. (Pickering版 , 241))

(たとえば既知の最古の哺乳類、爬虫類および魚類は、たとえこれら古型のもの of the 若干がおなじ群の現在の典型的な成員にくらべて相互にいくらかわずかの差異しか示さないにしても、それらはやはりおのおのの綱にぴったり所属していることからみると、シルリア層の最低部よりもっとずっと下の地層が発見される その発見の機会ほとんど期待しがたい までは、脊椎動物に共通した発生学的特徴をもつ動物をさがすということは、むだな骨折りとなるであろう。(ibid., 下 , 79))

Seeing, for instance, that the oldest known mammals, some of these old forms are in a slight degree less distinct from each other than are the typical members of the same groups at the present day, it would be vein to look for animals having the common embryological character of the Vertebrata, until beds rich in fossils are discovered far beneath the lowest Cambrian strata . a discovery of which the chance is small. (Everyman 版 , 340)

改訂版ではreptiles (爬虫類) とfish (魚類) への言及が削除されている。

さて、第六版原本の中でダーウィン自身が自説の反証可能性について素直に吐露している部分の表現を列挙すると、

- (i) ... would be fatal to the theory of evolution through natural selection
... (自然選択による進化の理論にとって致命的になるであろう)
- (iii .a) I can give no satisfactory answer. (私は満足な答えを持っていない)
- (iii .b) ... may be truely urged as a valid argument against ... (まさに真に有効な反証となるかもしれない)
- (iv .f) ... the difficulty of assigning any good reason ... is very great. (納得のいく理由を与えるのは大変困難である)
- (iv .j) ... are all undoubtedly of the most serious nature ... (全て疑いなく最も深刻なものである)
- (iv .k) ... would be fatal to my view..., ...They would likewise be fatal ...
(私の説にとって致命的になるであろう,... それらも同様に致命的となるであろう ...)

の6箇所になる。改訂版で追加されたのは (iv .k) だけである。改訂版ではCambrianという語が導入されたが、ダーウィンはカンブリア紀問題の反証可能性につ

いては初版から十分自覚していたようである。

「進化の総合学説」に対する反論の一つとして西原（1997）を紹介する（突然変異後追いモデル）。西原は、カンブリア紀問題やキリンの首問題（首の短い原始的なキリンの首がだんだん長くなって現在のようなキリンの長い首になったのであれば、中間的な長さのキリンの首を示す化石が発見されるはずである。しかし、そのような中間的な長さのキリンの首の化石は未だ発見されていないという問題）のような総合学説の反証例を挙げながら、重力が生命の進化に重要な影響を与えていると主張し、実際の検証実験も行って、自説を支持する証拠を紹介している。西原は三木成夫の「我々の体は遺伝子の制約範囲内で外力その他の環境因子から受ける作用に従って、必然的に形や機能が決まる」という言葉を引用する。重力は環境因子の一つである。総合学説では、遺伝子の突然変異が偶然起こってある生物種に変異が起こり、その変異が自然環境に適応すれば、その変異を持つ生物種が生き残る。しかし、西原によれば、遺伝子の制約の範囲内で、重力という環境因子によって生物の体の形態と機能が変異する。つまり、生物は外的環境の変化に対応していると、そのうちに遺伝子の突然変異が時間的に遅れて後追的に起こってしまうのである。これは単純に獲得形質が遺伝するという考え方とは異なる。しかし、西原が述べるように、ダーウィン自身はラマルクの獲得形質の遺伝を否定はしていない。

(v) From the facts alluded to in the first chapter, I think there can be no doubt that use in our domestic animals has strengthened and enlarged certain parts, and disuse diminished them; and that such modification are inherited. Under free nature, we have no standard of comparison by which to judge of the effects of long continued use or disuse, for we know not the parent forms; but many animals possess structures which can be best explained by the effects of disuse. (ibid., 130)

（第一章でのべた事実により、私は、家畜においては使用が一定の局部をつよくし、また大きくすること、不用は小さくすること、そしてこれらの変化が遺伝することは、ほとんど疑いないと、考える。自由な自然状態では、祖先形というものが知られないので、ながくつづいた用[使用]あるいは不用[廃用]の作用を判定すべき比較の標準がたてられない。しかし多くの動物は、不用の作用として説明される構造をもっている。（下ibid., 179）

ダーウィンはよく使う身体部分は発達し、あまり使わない部分は退化する、そして、この変異が遺伝すると述べている。松永（1987：87-88）によれば、「ダーウィンは進化の主要な要因である自然選択の他に副次的な要因として、性選択と獲得

形質の遺伝を認めており、また、自然選択にかかわらない中立形質があることも認めていた」。

進化における環境因子の重要性を三木（1983：54-56）は次のように解説する。原初の無脊椎動物の出発点はホヤの幼生である。ホヤの幼生はオタマジャクシのように海中を遊泳する。成長すると底着性の植物の姿になる。原初の脊椎動物は、こうしたホヤの幼生が環境条件の悪化に対応するために、底着することなく、そのままのかたちでおとなになる幼形進化（幼体成熟・ネオテニー）を遂げたものである。因みに、ヒトはネオテニー化したサルと言われる。つまり、ヒトは子どもの姿のままで性成熟する霊長類である。例えば、ヒトはサルの子どものように似ている。例えば、体毛が薄く、頭蓋骨の形態パターンが同じである。幼形進化とは、あるせっぱつまった生命形態である。波の間に間に食物を待つ受身の姿勢から、一転して、獲物に立ち向かう前向きの姿勢へと、個体体制が革まっていく。4億8000万年前の古生代シルリア紀の海の中の出来事である。環境条件の悪化をもたらすのが、陸地優勢の陸盛期と海優勢の海盛期が億の時間単位で周期的に変動する地球の巨大な搏動である。

また、三木は「口」を「腸管の前端露出部」とし、口の発生について次のように述べる（ibid., 36-37）。

（口は）腸管の筒が、勢い余って体型の筒から身を乗り出した部分で、それはからだの前方に生じた一種の「脱肛構造」とも受け取られる。皮膚感覚ではなく内臓感覚の腸管の触手が出てくる。

腸管の触手とは舌である。何故、腸管の前端が勢い余って脱肛するのか。三木によれば、生物が前方に移動するようになると、ニュートンの運動の法則に従い、胃腸などの重い内臓は後ろに追いやられる（慣性の法則）。内臓が後方に押しやられると、その反作用で、口（腸管の前端）が前方に脱肛するのである（作用反作用の法則）。運動の法則とは①第一法則（慣性の法則）＝静止、または、一様な直線運動をする物体は、力が作用しない限り、その状態を維持する、②第二法則（運動方程式）＝物体の運動量の変化はこれに働く力の向きに起こり、その力の大きさに比例する、③第三法則（作用反作用の法則）＝二つの物体が互いに力を及ぼし合う時には、これらの力は常に大きさが等しく、向きが反対である、というものである（広辞苑）。全て、重力が関与する。このように体型の形成自体が物理学的な法則に従っている。

西原は次のように解説する。脊椎動物の上陸の主役で最古の両生類であるイクチオステガは、環境の悪化（海水の干上がり）に伴い、億単位の時間の間、重力約0.17Gの海中（水の中では重力は月面重力と同じく地球上の6分の1）と、重力

1 Gの陸上を行ったり来たり彷徨い続けた。重力1 Gという今までの6 倍もの重力圏でのたうち回るうちに、手足は太くなり、手足の骨は折れ曲がって、手や指となり、血圧が上がり、肺呼吸ができるようになり、卵が殻で覆われるようになった。超音速ジェット戦闘機のパイロットが急上昇するときの4 Gから5 Gで失神しそうになる（西原 1997：6）ことを考えると、イクチオステガは、毎日、失神寸前の状態で少なくとも何百万年かは海辺でのたうちまわっていたことになる。因みに、バクテリアは15000G（地球上の重力の1万5千倍）に耐えられるという（ibid., 6）。西原は、「1万5千Gに耐えられるバクテリアと、5 Gで死んでしまいかねない人間を初めとする脊椎動物を、はたして同列であつかつてよいものだろうか」と進化の総合学説に疑問を呈する（ibid., 6）。尚、西原が「生物は重力は進化させた」というときの「生物」とは「脊椎動物」に限定している。三木は進化の一形態である幼体成熟を「せっぱつまった生命形態」と呼ぶ。上と同じようなイメージを、ダーウィンは自らの初版著書の題の中でstruggle（悪戦苦闘）という語を選んだときに抱いていたのではないか。三木、西原の抱く進化のイメージとダーウィンの抱いた進化のイメージは重なっているのではないか。

地獄のような新しい自然環境で生き延びようとしてイクチオステガはもがき続けた。その後、遺伝子の突然変異が後追いして生じ、イクチオステガは何とか陸生動物としての変異を遺伝的に獲得し、生き延びた。松永（1987：88）によれば、自然選択説の同時発見者であるウォレス（Alfred Russel Wallace, 1823.1913）は、「自然選択だけが進化の要因であると主張し」た。つまり、上のような重力や環境悪化などの物理的環境が突然変異に先行して、生物の進化に決定的に重要な影響を与えるという考え方は、ウォレスの、進化の駆動力は環境要因のみという一元的な考え方と近い。次は、物理的環境の変化が、既存種の生存と新種の誕生を阻害し、多くの種の絶滅の要因ともなったかもしれないとウォレスが考えていたことを表している。

(vi. a) On the other hand, it seems no less probable that a change in the physical conditions of a district, even small in amount if rapid, or even gradual if to a great amount, would be highly unfavourable to the existence of individuals, might cause the extinction of many species, and probably be equally unfavourable to the creation of new ones. (Wallace 1889：14)

（一方、次のようなことも勿論可能であるように思える。つまり、ある地域の物理的条件の変化は、その変化が急激であれば小さいものであっても、または、その変化が広範囲にわたるものであれば緩慢なものであっても、ある固体群の生存にとって非常に不利になるであろうが、そのような変化は多くの

種の絶滅をもたらすであろう。そして、そのような変化は新種の誕生にとっても同じように不利であるだろう。)

ウォレスは「ある地域の物理的環境の変化」(a change in the psysical condition of a district) が、既存種の絶滅だけでなく、新種の誕生にも不利に働く可能性があると言う。物理的条件の変化が、新種の誕生にも不利に働くということは、物理的条件の変化が、自然選択による新種の発生にも影響を与えるということである。

しかし、ウォレスは獲得形質の遺伝の関与は否定した(松永 1987 : 88)。また、以下のウォレスの記述をみると、自然選択の法則が必然的な演繹の帰結として進化の事実を説明するのは、万有引力の法則が必然的な演繹の帰結として惑星の楕円軌道を説明するのと方法論的にはほとんど同じであると彼が考えていたことが分かる。

(vi-b) Granted the law, and many of the most important facts in Nature could not have been otherwise, but are almost as necessary deductions from it as are the elliptic orbits of the planets from the law of gravitation. (Wallace 1891 : 19)

(その法則は正しいのであるが、そして、自然の最も重要な事実の多くはそれ以外のかたちでは存在しえないわけであるが、しかし、それらの事実はその法則からの必然的な演繹の帰結にほとんど近いのである。そして、それは、惑星の楕円軌道の事実が万有引力からの必然的な演繹の帰結であるのと同じことである。)

上でいう法則とは、ウォレスの提案する「全ての種は、その類縁先行種と同じ時空間に出現する (every species has come into existence coincident both in time and space with a pre-existing closely allied species (ibid., 6 , 18))」という法則である。つまり、「全ての種は、類縁先行種が存在する時空間で変異・進化する」という法則である。時間も空間も一致するのであれば、ある種とその類縁先行種は、ある特定の時空間を共有して存在していることになる。ウォレスは、この法則は単に事実を単にそうであると説明するだけにとどまらず、事実がそれ以外のかたちではありえないという必然性をも示しているという (... it not merely explains, but necessitates what exists. (ibid., 19))。上の文をみると、ウォレスが進化の法則と物理学の法則を、どちらも、法則から演繹的に帰結が得られるという意味で、両者を同列に考えていたことが分かる。しかし、勿論、これは上の文から分かるように、重力が進化に影響を与えるとウォレスが言っているのではない。しかし、チョムスキーによると、ウォレスは、言語を含む「人間の知性や道

徳心」(mans' intellectual and moral nature) はダーウィンの言う変異と自然選択だけでは説明できず、「別の影響、法則、作用」(some other influence, law, or agency) 重力、原子・分子の凝集力などの、それらがなければこの物質世界が存在しえなかったような自然法則も考慮しなければならないと考えていた。例えば、Wallace (1891 : 186.214) では、「人間に適用された場合の自然選択説の限界」(The limits of natural selection as applied to man) という章を設けて、ウォレスはダーウィンの自然選択説を建設的に批判している。チョムスキーは、このウォレスの問題は現在でも解決していないと言う (Chomsky 2004)。ウォレスは進化における自然法則の重要性を認識していた。ウォレスは生物進化学と物理学が方法論的にほとんど同じであると言いたかったのである。このウォレスの主張は注目に値する。つまり、生物進化の法則は、物理学の法則と方法論的には同じような性質を持っていると言っているのである。Wallace (1891 : 205) は「自然選択の法則の根底に何らかのより一般的でより根本的な法則が存在する」(some more general and more fundamental law underlies that of natural selection) と述べる。ウォレスは、あくまで「法則」(law) のことを言っている。これは文脈からみて自然法則であって、ウォレス批判者がよく言うような神秘的な存在者ではない。「本当の法則は、あまりにも深く埋め込まれているので、私達には発見できない」(the true law lies too deep for us to discover it) とウォレスは言う (ibid., 205)。非常に冷静な判断である。Wallace (1891 : 205) の註1は、そのようなウォレス批判者に答えている。ウォレスは「『究極の知性』の命令 (意志) や力ということを、一般的な力と法則の起源に関して、そして、そのことに関してのみ述べている」(only in reference to the origin of universal forces and laws have I spoken of the will or power of "one Supreme Intelligence".) ウォレスは、自分は単に次のような可能性についてじっくり考えただけであると言う。つまり、ヒトに独特の構造と知性の発達、ある上位の知的存在 (some higher intelligent beings) が導く影響によって決定されているかもしれない。そして、その上位の知的存在は自然法則、または、普遍的な法則を介して働いている (I wished to show plainly that I contemplated the possibility that the development of the essentially human portions of man's structure and intellect may have been determined by the directing influence of some higher intelligent beings, acting through natural and universal laws.) (ibid., 206, 註1)。some higher intelligent beingsは、beingsと複数形になっているので「神」ではない。ウォレスも自分は「神」のことを言っているのではないと反論している。ウォレスは、ある種の上位の知的システム (複数) のことを言っている。そのシステムが自然法則と

いうかたちで働く。ウォレスは、徹頭徹尾、自然法則の話をしている。実際、現在の進化学は実証科学として成立している。例えば、エイズウイルス（HIV）などのRNAウイルスの進化速度は通常の生物の100万倍である。RNAウイルスは、RNAが進化情報の担い手であることを示す。しかし、この場合、コピーミスも起きやすいし、修復システムもない。1年で1000塩基あたり1個の書きかえが起こる。これらは、実験室の中で実証できるのである（水谷（2008a：123））。現在では、重力と進化の関係にもっと踏み込んで、実際に重力が進化に影響を与えるという進化モデル（西原 1997）も提案されている。

また、以下をみると、ダーウィンもウォレスと同じように物理学的環境の重要性を十分認識していた。

(vii) It may metaphorically be said that natural selection is daily and hourly scrutinising, throughout the world, the slightest variations; rejecting those that are bad, preserving and adding up all that are good; silently and insensibly working, whenever and wherever opportunity offers, at the improvement of each organic being in relation to its organic and inorganic conditions of life. We see nothing of these slow changes in progress, until the hand of time has marked the lapse of ages, and then so imperfect is our view into longer-past geological ages, that we see only that the forms of life are now different from what they formerly were. (ibid., 84)

（比喩的に、つぎのようにいうことができるであろう。自然選択は、日ごとにまた時間ごとに、世界中で、どんな軽微なものであろうとあらゆる変異を、くわしくしらべる。わるいものは抜きさり、すべてのよいものを保存し集積する。機会のあたえられた時と所において、それぞれの生物を、その有機的ならびに無機的生活条件にかんして改良する仕事を、無言で目だたずにつづける。われわれは、時の手がつぎつぎの時代のながい経過に印をつけるまでは、これらの緩慢な変化が進行していることに気づかない。それで、とおい過去の地質時代にむけられたわれわれの目は、現在の生物の種類がむかしとはちがっていたことを知るだけの、不完全なものにとどまってしまう。（上, ibid., 116））

上のinorganic conditions（「無機的生活条件」）とは物理的環境因子のことである。improvement（「改良」）とは突然変異のことである。生命は、物理的環境に応じて（in relation to）、突然変異が起こると言っている。「突然変異後追い仮説」を図示する。

(viii) 突然変異後追い仮説



実線が点線に変わるところが変化の起こる時期である。外的環境の変化（悪化：点線部分）が先行し、そのせっぱつまった状況で七転八倒しているうちに、遺伝子の突然変異（細胞レベルの情報コピーミス）が生じて適応が安定化に向かう。

この考え方を採用すると、ヒト脳の相対的的巨大化とそれに伴う神経細胞ネットワークの複雑化は、次のように起こったことになる。なんらかの外的環境の悪化により、ヒト祖先是木から降りて平地で二足直立歩行をせざるを得なくなった。つまり、ヒト祖先は何らかの環境悪化が原因で、ネコやトラのような常時四足平行歩行やミーアキャットのような警戒時二足直立起立ではなく、常時二足直立歩行という非効率な移動を選択せざるを得なかった。常時二足直立歩行をしてなんとかその場をしのいでいるうちに、脳を巨大化・複雑化する遺伝子の突然変異が後追いついた。重力は脳重の増大を加速させた。つまり、四足水平歩行の場合、体の中心からの重力の向きと頭部からの重力の向きは一致しない。つまり、四足水平歩行をする場合は、頭部が重くなると全体のバランスが崩れる。一方、二足直立歩行の場合、体の中心（腰）からの重力の向きと頭部からの重力の向きが一致する。つまり、頭部が重くなっても、頭部の重力の向きは体の中心（腰）からの重力の向きと重なるのでバランスは崩れない。ヒト脳は重力の制約から逃れたことで、突然変異により巨大化した。例えば、長大な犬歯を持つ絶滅した大型ネコ類のサーベルタイガー（スミロドン、200万年～1万年前、南北アメリカに生息、全長2m、肉食獣、長さ24cmの牙を持つ）やマンモス（1万年前、シベリアに生息）は四足水平歩行の体制で頭部が重量化して適応が失敗した可能性がある。四足水平歩行と二足直立歩行の場合で頭部が重量化した状況を図示する。頭部と体の中心からの重力の向きを示す。

言語システム = 偽装ウィルスチェックシステム

(ix) 四足水平歩行

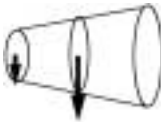


二足直立歩行



幾何学的に更に単純化する。

(x) 四足水平歩行

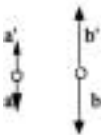


二足直立歩行



更に単純化する。

(xi) 四足水平歩行



二足直立歩行



体の中心にかかる重力を b 、 b の抗力を b' 、頭部にかかる重力を a 、 a の抗力を a' と置く。よって、 $b = b'$ 、 $a = a'$ である。尚、 $a < b$ とする。今、頭部にかかる重力 a が2倍の $2a$ に増加したとする。四足水平歩行の場合、頭部にかかる抗力は体の中心の作用点にかかる力とは独立して $2a'$ となる。体重 b が一定の場合、 a が増加すると、重心が頭部と体の中心と二つに分離する。中心より左側が重くなるのでバランスが悪くなる。一方、二足直立歩行の場合、 a が $2a$ になると、 b は $b + a$ に増加する。すると、 $b + a$ の抗力は、 $b' + a$ と増加する。しかし、この場合、全ての力が作用線（同一直線）上で働いている。つまり、頭部重量の増加分 a は、体の中心からの抗力 $b' + a$ も増加しているので、打ち消し合う。勿論、体の中心にかかる力は増加し

ているが、頭部の重量増加は体の全体のバランスを崩さない。二つの力の釣り合いの条件とは、①同一直線（作用線）状に働く②向きが反対③大きさが等しい、なので、二足直立歩行の場合は、頭部が重量化しても常に釣り合いがとれることになる。つまり、四足水平歩行の場合、頭部が重量化すると、重心が二つに分裂し、頭部側に傾斜し、前進移動、停止姿勢に支障をきたす。一方、二足直立歩行の場合、頭部が重量化しても重心は一定しており、全体のバランスも崩れず、停止姿勢、前進移動の妨げとならない。前進移動の場合、前のめりに倒れ込みながら重心移動を行いながら移動できる。つまり、二足直立歩行によって頭部の重量化は移動の妨げとはならない。このような重力の制約からの解放が、後追いた突然変異によるヒト脳の相対的巨視化を許したと考える。因みに、地上で100gの物体に働く重力は1N（ニュートン）なので、現生人類の場合、頭部には約13Nの重力が働いている。この頭部重量（a）が増加しても、必然的に体重（b）も増加し、その体重の抗力も頭部の重量増加分だけ増加して、頭部を押し上げる。ただ、bとaの作用点にかかる力は増加するので、腰痛や肩こりなどがヒト特有の疾患となった。現在の四足水平歩行の生物は、体重を4点に分散しているので、腰痛、肩こりは起こりにくい（はずである）。

3 自己組織化（自己創出）の例として有名なのは、プリゴジヌ（Ilya Prigogine, 1917- , ロシア生まれのベルギーの物理学者・化学者）らによって詳細に研究された、ペルーソフ＝ジャボチンスキー反応（BZ反応, 1958年に発見される・反応名称は発見者であるソビエトの研究者の名前）という化学反応によって形成される散逸構造である。「セリウムイオン（鉄イオンでもマンガンイオンでもよい）が含まれる希硫酸中で、マロン酸が臭化塩によって酸化される。そしてある条件が満たされると、同心円状の、あるいは回転する渦巻状の波が現れて干渉パターンを作り出す。この種の反応系では、いわゆる『化学時計』と呼ばれる、ひじょうに規則正しい振動現象が数時間にわたって続くことがある。また、「化学ベクトル」、つまり特定の方向に向かって周期的に反応が突如と活性化する現象や、同心円状に展開する波状的な化学反応が見られたり、あるいは、明るい色彩の競演をともなつたみごとなスペクトルが演じられたりすることもある。」これを散逸構造と呼ぶが、散逸構造とは「周囲の環境と交換を続けることでエネルギーや物質の流れを自ら維持し、長期にわたって大域的な安定構造を自分で組織化していくような、物理化学反応系」で、「絶えずエントロピーを生産し、しかもそこで生じたエントロピーは外部に散逸しつつづける」（Jantsch 1980）。これは化学反応の自己触媒系、或いは、相互触媒系が、複雑性の臨界値に到達したときに自然発生する秩序である。進化の自己組織化モデルでは、このような自己組織化の頑強な流れの中で突然変異が「必然的に」生じ、その後、

言語システム = 偽装ウィルスチェックシステム

その変異が自然淘汰されるとする。

ところで、今西錦司（1902-1992、動物学者、人類学者）はカゲロウの生態研究を基に、棲み分けが生存競争が回避するとする棲み分け理論を提唱した。また、進化は一齐に起こる、「変わるべきときに変わる」とする進化概念を提唱した。この「変わるべきときに変わる」という直感は、カウフマンらが複雑系研究を通して提唱する自己触媒系の自己組織化と通底する。

4 Chomskyの表現を借用すれば、言語構造とは結晶構造のように無目的に生長する物理学的情報構造である。言語構造の構造、例えば、 ϕ が ψ に結合して $\phi\psi$ が形成される構造は、音でも意味でもない。ある特定の言語構造に音情報を対応させるのは音インターフェース、言語構造に意味情報を対応させるのは意味インターフェースである。その音情報を実際に専門的に利用（発信・受信）するのが運動知覚システム、その意味情報を実際に専門的に利用（分析・評価）するのが思考システムである（詳細はセクション3.1.1を参照されたい）。生物脳では構造情報を専門的に利用するシステムは生物脳には存在しない。生物脳が実際に利用しない構造情報をその中だけで勝手に作っては壊し、壊しては作っている言語システムは、既に、生物脳一般にとって浮いた存在（はみだし者）である。

5 自然が複雑に見えるのは、自然が複雑だからである。全てが予測可能なものは線形的である。予測不能なカオスを含むものは非線形的な性質を持つ。カオスは予測不能だが、単純な規則を取り出すことができる。カオスは全くのランダムではない。言語システムが複雑系であることを示す証拠を示す。

(i) 言語システムが複雑系であることの証拠

- a . 蝶々効果（複雑系は単純な初期条件によって甚大な影響を被る。桃山の中庭の一匹の蝶々の羽ばたきが、空気のアトム・分子の動きを攪乱し、その影響で、結果的に、バグダッドで大雨が降る確率もゼロではない。ヒト幼体の言語システムの単純な初期状態（最小限の原理と小数の未設定の媒介変数）が言語環境に晒されることで、複雑な安定状態となる。）
- b . 初期条件に対する敏感性（ヒト脳の初期状態（普遍文法）が最初にどの言語環境に主に晒されるかによって、安定状態（個別言語）が決定する。）
- c . 単純操作の反復の存在（どんな複雑な文構造も単純な結合操作から構築される。）
- d . 境界条件の存在（小数の未設定の媒介変数が言語環によって設定されることで、ヒト脳の自然言語としての個別言語が決定する。しかし、その個別言語のあり方は、原理（物理学的法則）によって厳しく制限される。何でもありではない。）

6 三木成夫によれば、免疫の本質は「細胞レベルの消化」である（西原 1997：144）。すると、構造素性の照合・消去は、「神経細胞レベルの消化」となる。

7 この段落は、Bloom et al（1985）の邦訳『新・脳の探検（上）』（中村克樹・久保田競（監訳）講談社）のp. 117を参照した。

8 今、手元にホモハビリスの頭蓋の化石のレプリカがある。化石の損傷は激しい。しかし、その損傷は明らかに左右対称ではない。左側が激しく損傷している。これは左側頭葉の骨が柔らかかったことを示唆する。ヒトは左顎の筋肉の退化がより進行しているらしい。左顎の筋肉の退化傾向は、左側の頭蓋化石の損傷の激しさと関連する。ミオシンというタンパク質の遺伝子の一つにMYH16がある。MYH16に変異が生じると、側頭窩の咀嚼筋が退化する。ヒトの系統がチンパンジーとの共通祖先から別れた後、400万年前から200万年前の間に、ヒトはMYH16の機能を失った。200万年以上前にヒトでは筋肉による頭蓋骨のしめつけがなくなったから、脳が増大した。現代人とネアンデルタール人はFOXP2遺伝子を共有していることがドイツ・マックス・プランク研究所のスバンテ・ペーボ（Svante Paabo）らによって明らかにされた（2002年）。ハエなどの昆虫も含めた全ての生物種がFOXP2を持つ。しかし、ヒトのFOXP2には、ヒト以外の霊長類のFOXP2タンパク質にはないアミノ酸の変異が2ヶ所ある。ヒトの場合、FOXP2に変異がある場合、声帯・舌・唇・口腔関連の筋肉の制御障害が起こり、発音障害や語形変化の混乱が生じる（水谷（2008a：114-115））。母なる自然は、左側の頭蓋の骨を柔らかくすることで、左大脳皮質の腫瘍化（言語システムの自己組織化）を促進させた。尚、現在、ドイツ・マックス・プランク進化人類研究所のスバンテ・ペーボらによってネアンデルタール人（3万年前に絶滅）のゲノム解読が進行中である。現代人とネアンデルタール人の正の自然選択の証拠を探しているわけである。ミトコンドリアDNAを利用する。100万年前までならゲノム解読が可能であるが、それ以前だとDNAから塩基が失われてしまっているという。したがって、200万年前のホモ・ハビリスのゲノム解読は不可能ということになる。

9 この例はChomsky（1957：15）で文法（文構造の組み立て）が独立して解離できることを示すために挙げられた次の例（ia）の日本語訳である。

(i) a . Colorless green ideas sleep furiously .

b . Furiously sleep ideas green colorless .

例（ia）は通常の意味解釈としては異常性を示す。詩的表現としては問題ない。しかし、英語の母語話者は、（ib）は文法的ではない、つまり、文の組み立てに異常があるという反応を示す。

10 関連する収束（convergence）の定義を示す（百科事典マイペディア）。

(i) x の関数 $f(x)$ において、 x が一定の値 a に限りなく近づくとき、 $f(x)$ が一定の

言語システム = 偽装ウィルスチェックシステム

値bに限りなく近づくならば、xがaに近づくとき、関数 $f(x)$ は極限值bに収束するといひ、

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = b$$

と書く。文は束縛変数（格助詞の構造素性）を含む関数である。個々の変数が消去され、値が決定される（格助詞と結合している名詞の意味役割が決定する）ことで、文全体の意味も決定されていく。本稿では簡明のために「決定される」と表現するが、厳密には「限りなく決定値（極限值）に近づいていく」ということである。例えば、次の数列を考える。

(ii) 0.9, 0.99, 0.999, 0.9999, 0.99999, ...

上の数列は極限值1に向かって限りなく近づく（収束する）。これを次のように示す。

(iii) a . 0.9, 0.99, 0.999, 0.9999, 0.99999, ... 1

b . 0.9, 0.99, 0.999, 0.9999, 0.99999, ... = 1

同じように、文構造が組み立てられ、構造素性が照合・消去されていく過程の中で、音素性処理も意味素性処理も、限りなく極限値の音（文全体の音）、極限値の意味（文全体の意味）に限りなく近づく。特定の音と意味に向かって構造派生が収束する。生成統語モデルにおいて「派生の収束」という用語を導入したのはChomsky (1995) である。

11言語システムが経済的な計算、つまり、効率のよい計算を行うという仮説は、以下の母語獲得の事実も同時に説明する。

(i) 母語獲得の事実

- a . 自動性（母語獲得は自動的に起こる）
- b . 最速性（生後数年以内に基本的文法を獲得する）
- c . 容易性（努力・学習は不要）
- d . 完全性（入力是不完全だが、獲得するものは完全）
- e . 一般性（どんな言語でも獲得できる）

上の事実を担保するのはメモリの最小負担である。つまり、遺伝的に与えられ、言語環境の中でスイッチ設定が行われる母語獲得のための言語システムは、メモリの負担が最小となるようにできている。言語システムの情報処理アルゴリズムは、一見、複雑に見えながら、実は単純な計算操作だけで成り立っている。単純な計算操作なので、メモリは最小で済む。

12原子全体の大きさを直径100m程の野球場だと考えると、原子核内の陽子の大きさは1円玉の半分ぐらい（直径1cm）の大きさである。つまり、原子の中は何もないすかすかの空間である。よって、すかすかの原子からできている私達の体は本当はすかすかである（竹内 2001: 172.173）。質量0の光子、W粒子、Z粒子は移動する際に

ヒッグズ粒子にぶつかって加速されにくい。この加速のされにくさがそれらの質量 0 の粒子に質量を与える。つまり、質量の定義とは、力を加えた時の加速のされにくさである。

13言語学では正負記号は音韻論などで弁別素性 (distinctive features) の表記に使用されてきた。例えば、[+voiced]は声帯振動あり、[-voiced]は声帯振動なしである。つまり、素性の存否を正負記号で示してきた。或いは、ある診断法 (テスト) を行って、ある種の反応が得られたときに+、その反応が得られないときに-というふうにも使用されている。しかし、ここでの変数の正負記号は純粹に数学的な使用である。つまり、xという構造素性がある時に、その構造素性の二つの存在の状態として、正の状態と、負の状態があると考え。負の電荷を持つ電子と、正の電荷を持つ陽電子の関係である。別の表記の仕方として、 $y^+ + y^- \rightarrow \gamma$ が考えられる。 γ は構造が組み立てられることで放出される情報である。これをより代数学的に表現したのが $(+y) + (-y) = 0$ である。 y に関するエントロピーが 0、つまり、最小になるので、ネゲントロピー (情報) は増大する。また、10進法の2222で、各2の値は相対的位置で変わる。前後関係と独立した一定の値を持たない (Stewart 2007)。これは、格助詞の性質と同じである。

14文構造は雪の結晶のようなものであるというのはチョムスキーの表現の借用である。氷の結晶と文構造は、どちらも物理学的な法則 (最小労力原理 (最短距離、高い経済性や計算効率性)) に従う。また、どちらも構造構築自体は無目的である。

15厳密に言えば、格助詞や係助詞と同じように、「る」「た」のような時制主要部が音韻素性だけを持っているのではないことを証明する必要がある。しかし、助詞は省略現象を利用して証明できるが、時制主要部の場合は省略できないので、これを証明に利用できない。主要部が省略できないことは、主要部が投射することから独立に導かれる。「た」の場合、次のように証明できる。

(i) 時制主要部「た」が音韻素性だけを持っているのではないことの証明

今、時制主要部「た」が音韻素性だけを持っていると仮定する (仮定G')。音韻素性は活用はしない。よって、仮定G'の下では時制主要部「た」は活用しない。次の例をみる。

- a . 食べ + た
- b . 食べ + たら
- c . 食べ + て
- d . 食べ + たり

時制主要部「た」は「た」「たら」「て」「たり」と活用する。これは仮定G'と矛盾する。つまり、仮定G'は誤りである。よって、仮定G'の反対、「時制主要部『た』

は音韻素性だけを持っているのではない」が正しい。(証明終わり)

16原文を示す。

(i) "Take the domain of a head α to be the set of nodes contained in $\text{Max}(\alpha)$ that are distinct from and do not contain α ." (Chomsky 1995 : 178)

本稿で採用する定義を示す。日本語訳も付す。

最大投射 $\text{Max}(\alpha)$ の定義を示す。

$\text{Max}(\alpha) = \text{def. the least full-category maximal projection dominating } \alpha.$

(ibid., 178)

($\text{Max}(\alpha)$ とは、 を支配する完全な範疇の最大投射で最小のものである)

支配 (domination) の定義を示す。

The category α dominates β if every segment of α dominates β . (ibid., 177)

(範疇 が を支配するとは、範疇 の全ての節点が を支配するということである)

包含 (containment) を定義を示す

The category α contains β if some segment of α dominates β . (ibid., 177)

(範疇 が を包含するとは、範疇 のある節点が を支配するということである)

統御 (command) の定義を示す。

commands iff

(i) is a sister of or

(ii) α is a sister of γ and γ dominates β . (cf. Hornstein et al.)

(以下のときに は を統御する。

(i) が の姉妹であるか、または、

(ii) が の姉妹で、かつ、 が を支配する。)

自然言語の構造計算において、支配、包含、統御は基本的な構造関係である。これらの構造関係は非自己言及的 (irreflexive) である (ibid., 177)。非自己言及的とは、 は を支配しない、 は を包含しない、 は を統御しないということである。いわば、自己が自己を巻き込むことを避けている。これは、免疫システムが自己と非自己を区別し、自己が自己を攻撃することを回避するという大原則に従っているのと同じである。エイズ (acquired immunodeficiency syndrome; AIDS , 後天性免疫不全症候群) のような自己免疫疾患では自己は自己を擬装したウイルスにだまされて自己を攻撃してしまう。言語構造計算の根本的な概念に、既に、「自己は自己を攻撃しない (巻き込まない) 」という免疫的な性質が存在している。自分で自分を攻撃するというのは、論理学の同一律 (AはAである) に違反する。つまり、攻撃する

者「A」は攻撃される者「非A=B」である、つまり、AはAではないとなるからである。つまり、AがAを支配することを許せば、支配するものAは支配されるもの非A=Bであるという状態を許してしまう。つまり、AはAではなく非Aであることになる。言語構造計算の支配、包含、統御の非自己言及性は、同一律を遵守している。エイズは同一律が崩壊する疾患である。

17原文を示す。

(i) “If α and β are in the same minimal domain, they are equidistant from γ .”

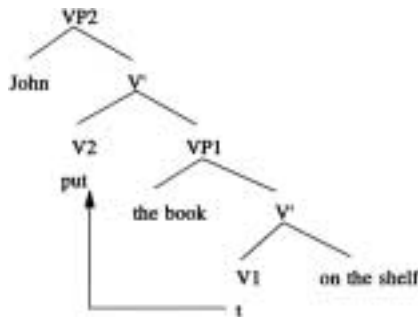
(Chomsky 1995 : 184)

最小領域MinDは派生的に (derivationally) 定義される。つまり、MinDは、文構造全体を見通して表示的に (representationally) 最後に一回だけ大域的に (globally) 定義されるではなく、文構造の組み立てのそのときそのときの段階でいちいち局所的に (locally) 定義される。つまり、ヒト脳自然言語計算システム (the computational system of human natural language : C_{HL}) は近視眼的な計算を行う。近視眼的な計算はそのときそのときの計算に集中し、その前後のことは忘れてもよいので、記憶容量に負担をかけず、コストが低い。この低コスト性は母語獲得の事実 (自動性・容易性・最速性・一般性) によって、 C_{HL} の説明の際に常に要請される。

最小領域MinDが定義された由来を示す。MinDはLarson (1988) の提案に基づく三項動詞構造を説明するために必要だった (Chomsky 1995 : 180)。例えば、(ii) の文は (iii) の基底構造を持つ。

(ii) John put the book on the shelf

(iii)



ここで、連鎖 (chain; CH) = (put, t) の最小領域MinDを求めると、

(iv) $\text{MinD} (CH) = \{ \text{John, the book, on the shelf} \}$

となる。意味役割割 () 付与も照合されるのであれば、上の構造で動詞putは痕跡t

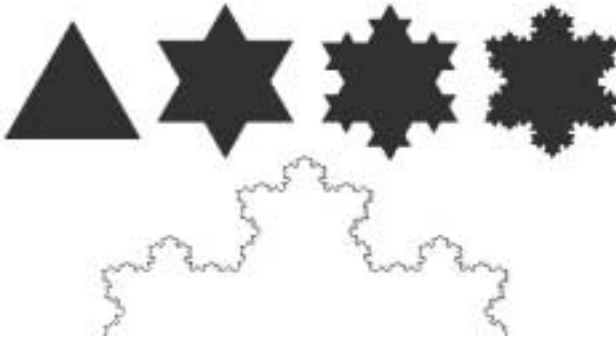
の位置で二個の を照合・付与し、移動直後に残り一個の を照合・付与すると考えられる。CH = (put, t) のMinDで の照合が行われるということは、連鎖CHの形成時に特定の領域MinD (CH) が自然範疇 (natural class) をなすということである。このように本来Dの定義はこのようなCH形成時の 緊密性を確保するものであった。

18相対性最小原理のポイントを述べる。AがBを統御し、BがCを統御する階層構造関係があるとすると、BはCがAに移動するのを、「相対的に」阻止する。つまり、移動を阻止するためには、A, B, Cが同じ種類の要素でなくてはならない。例えば、三者とも主要部であるか、三者とも項 (A) 要素であるか、三者とも非項 (\bar{A}) 要素であるか、である。

19この目的語移動が動詞移動に依存するという記述の一般化は、Holmberg's generalization (Holmbergの一般化) として知られている。Holmberg (1986) はスウェーデン語等の個別言語の観察からこの一般化を行った。しかし、本稿では背理法を使用することで、論理的にHolmberg's generalizationを証明できた。

20フラクタル幾何学はマンデルブロ (B. B. Mandelbrot, 1924., ポーランド生まれのユダヤ人フランス系アメリカ人の数学者, フラクタルの父) が創始した幾何学である (Mandelbrot 1977)。フラクタル構造とはフラクタル次元と自己相似性を持つ構造である。どんなに小さい部分をとってみても、全体の縮小図が現れる (百科事典エンカルタ)。フラクタル次元とは整数以外の端数からなる構造である。例えば、雪片は約1.26次元、樹木は約1.3~1.8次元、雲は約1.35次元、川やひび割れ全体は約1.4~1.8次元の構造であるという計算結果になる (今野 1998: 72.73)。例えば、1.5次元の構造とは1次元の線よりは複雑だが、2次元の面よりは単純であるような構造である。フラクタル構造の例として、コッホ曲線 (N. F. H. von Koch, 1870.1924, スウェーデンの数学者)、シェルピンスキーの三角形 (W. F. Sierpinski, 1882.1969, ポーランドの数学者)、ジュリア集合 (G. M. Julia, 1893.1978, フランスの数学者)、マンデルブロ集合などがある。コッホ曲線は、正三角形の各辺を3等分した長さを1辺とする小さな正三角形を各辺の真ん中にどんどんつけていく。コッホ曲線は有限だが、その長さは無限大に長くできる。コッホ曲線は1.26次元と計算される。ジュリア集合やマンデルブロ集合は単純な方程式をコンピューターに解かせることによってできる。シェルピンスキーの三角形は、正三角形の中から逆向きの正三角形を繰り返しぬいてできる。これも全体の正三角形の大きさは有限だが、内部に無限に逆正三角形をぬいていける。コッホ曲線の作り方とシェルピンスキーの三角形を示す (Microsoftエンカルタ総合大百科2004より)。

コッホ曲線の作り方



シェルピンスキーの三角形



では、自然言語の樹形図は何次元の構造なのか。今、次元を次のように定義する。

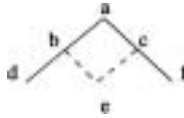
(i)次元の定義

ある物体の辺を $\frac{1}{a}$ に縮小すると、元の物体と相似な物体が k 個 ($= a^n$ 個)
できるとき、その物体は $\log_a k$ 次元 ($= n$ 次元) の物体である。

ログ (log) はロガリズム (logarithm) の略で対数である。 $\log_a M$ は a を底とする M の対数であり、「 M は a の何乗 (log) か ? 」と表現できる。例えば、 $8 = 2^3$ だから、 $\log_2 8 = 3$ となる。(尚、常用対数とは底が10の対数である。情報理論では底が2の対数を情報量の単位とし、これをビットと言う。) 線分の辺を $\frac{1}{2}$ に縮小すると、元の線分と相似な線分が $2^1 = 2$ 個できるから、線分は1次元である。正方形の辺を $\frac{1}{2}$ に縮小すると元の正方形と相似な正方形が $2^2 = 4$ 個できるから、正方形は2次元である。立方体の辺を $\frac{1}{2}$ に縮小すると元の図形と相似な図形が $2^3 = 8$ 個できるから、立方体は3次元である (佐藤 2006 : 96.97)。今、文構造において結合によって生じた二股枝分かれ構造を線分 daf と考える。点線は線分の一辺を二等分したときの補助線である。

言語システム = 偽装ウィルスチェックシステム

(ii)



二股枝分かれ構造の辺を $\frac{1}{2}$ に縮小すると、元の二股枝分かれ構造と相似な形が 3 個できる。つまり、二股枝分かれ構造の dba , bac , ecf の 3 個である。よって、

$$(iii) \mathcal{X}^p = 3$$

の $\log_2 3 = p$ を求めれば、上の樹形図の次元数が分かる。

$$(iv) \log_a b = \log b \div \log a$$

の公式を使えば、

$$(v) \log_2 3 = \log_{10} 3 \div \log_{10} 2$$

となる。常用対数表を用いると、

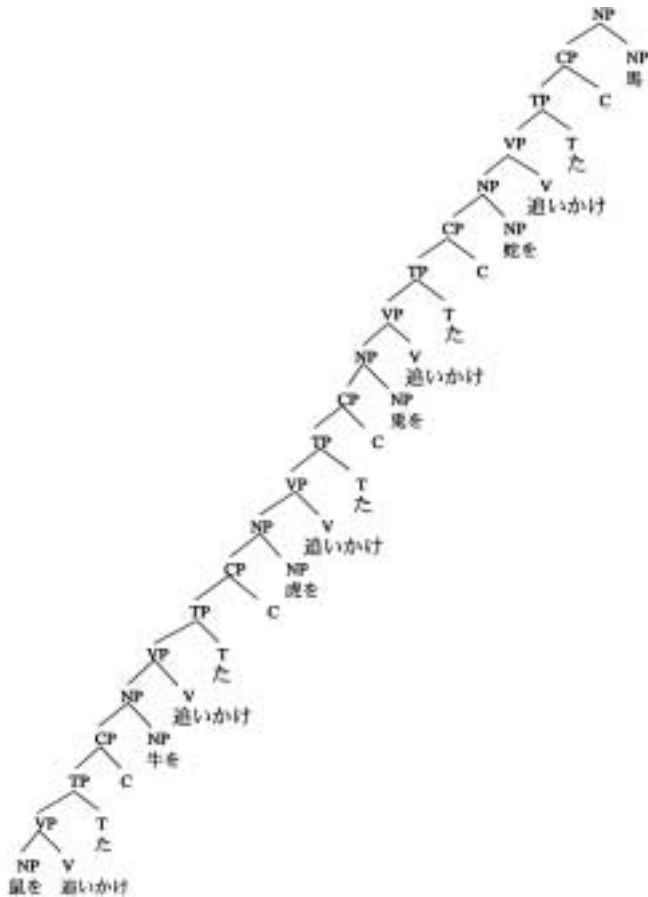
$$(vi) \log_2 3 = \log_{10} 3 \div \log_{10} 2 = 0.4771 \div 0.3010 = 1.5850$$

となる。自然言語の文構造はこの単体の結合構造が複数回結合してもう少し複雑になっていると考えれば、文構造は約 1.6 次元の構造を持つと予測される。この結果は、自然界の樹木構造の次元が 1.3 次元から 1.8 次元の構造を持つことを考えると、妥当な結果である。以下で、文構造がフラクタル構造を持つことを簡単な例で示す。

(vi) a . 鼠を追いかけた牛を追いかけた虎を追いかけた兎を追いかけた蛇を追いかけた馬 ...

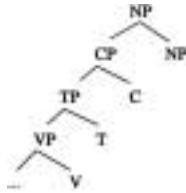
b . a horse that chased a snake that chased a rabbit that chased a tiger that chased a cow that chased a mouse ...

(vii)=(via)

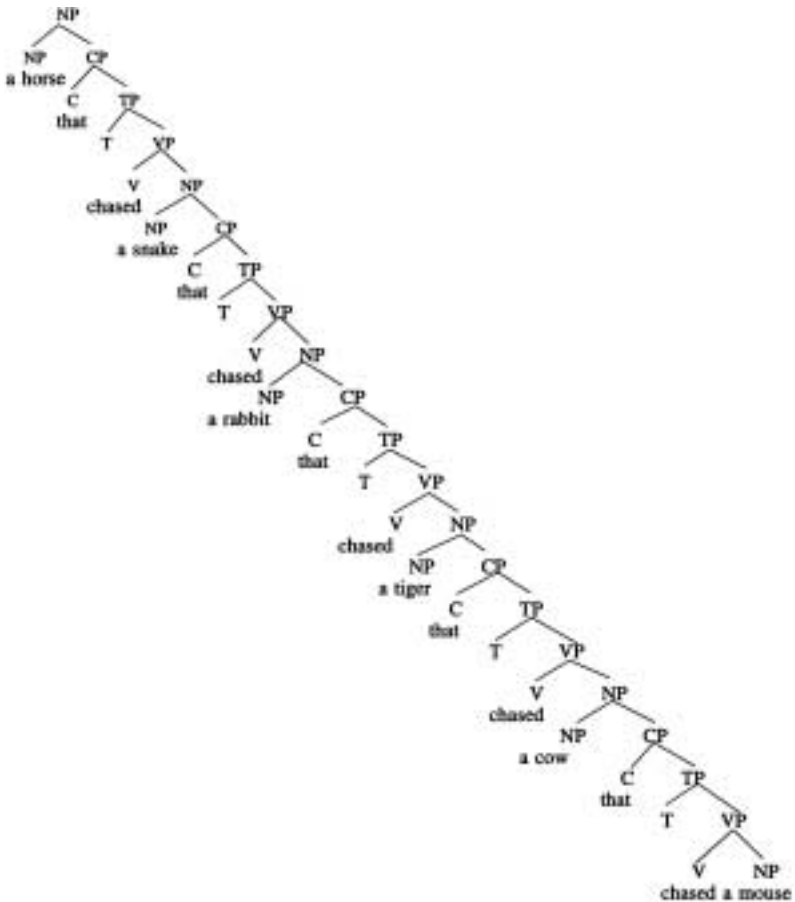


上の構造は以下の構造の繰り返しである。

(viii)

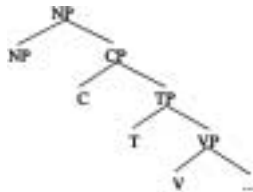


この構造が全体構造である。これと同じ構造がどのレベルにも現れる。このような自己相似性はフラクタル構造の特徴である。次に (vi.b) の構造を示す。



上の全体構造は以下の構造が繰り返し現れる自己相似性を持つ。

(x)



日本語の基本語順はSOV、英語の基本語順はSVOである。上の両言語の構造は鏡像関係にある。個別言語の構造は線対称性は崩れている。しかし、日本語と英語の二者関係には線対称性が保存されている。上の線対称性は、韓国語（SOV）と中国語（SVO）の二者関係にも保存されている。上の言語構造は、NP（名詞句）、C（節型導入子主要部）、T（時制主要部）、V（動詞主要部）という4個のとびとびの要素から成るので離散的である。また、上の構造は無限に長くできるので、無限性を持つ。つまり、言語構造は離散無限性を持つ。離散無限性は無機物構造の性質である。離散無限の理想型は自然数である。例えば、未発見のものや崩壊（放射性元素は放射能を出して他の元素に変化したり、不安定な素粒子が2個以上の他の粒子に分裂する現象（広辞苑））などを含めると、原子や分子の構造は離散無限性を持つ。突然変異を含めると、DNA構造は離散無限の性質を持つ。星の誕生と死を含めると、銀河系や銀河団は離散無限の構造を持つ。蛋白質という有機物の塊であるヒト脳の働きである自然言語情報処理において、無機物の特性である離散無限性が現れることは興味深い。蛋白質という有機物も、炭素元素という無機物（原子や分子）の集合である。よって、このレベルで考えると、両者が同じ離散無限性を共有しているのはむしろ当然である。他の離散無限性を示す自然言語例を示す。

(xi) a . 花子が一郎を褒めたと二郎が思っていると三郎が信じていると四郎が疑っていると五郎が感じていると...

bGoro feels that Siro doubts that Saburo believes that Jiro thinks that Hanako praised Ichiro .

上の例の全体構造は、部分構造（ viii ）と（ x ）から上のNPを差し引いたCP・TP・VPの三層構造から成る自己相似的な反復構造となる。次の例は幼児の絵本によく出てくる。

(xii) a . かぶをおじいさんがひっぱって、おじいさんを花子がひっぱって、花子をおばあさんがひっぱって、おばあさんを猫がひっぱって、猫を犬がひっぱって、犬を鼠がひっぱって、...

bThe mouse pulled at the dog, who pulled at the cat, who pulled

at the old lady, who pulled at Hanako, who pulled at the old man,
who pulled at the turnip.

ヒト幼体は自然言語や上の文構造の離散無限性を先天的に獲得している。つまり、自然言語や文構造の持つ離散無限性は学習する必要がない。これは、離散無限性が、ヒト脳の情報処理の遺伝的に決定される要素に含まれていることを示している。

21もし、構造が上から下に向かって形成されるのであれば、最初に完成された全体構造から出発することになる。つまり、完成された全体構造から出発するということは、まだ存在しない構造の中身が前もって全て分かっているという「先読み」(look ahead)を含む。先読みはメモリの負担が指数関数的に増加するので、派生の崩壊を導く。一方、下から上に向かっての構造形成は先読みは不要である。局所だけに計算を集中させて機械的に構造が形成される。局所だけに集中すればよいので、その前後は記憶する必要がない。よって、メモリの負担は最小で済む。言語獲得の事実からメモリ負担最小の要請がある。構造構築はメモリ負担最小の下から上へととなっている。

22もし、この六種類の文に明確な意味の違いがあれば、対称性は崩れている。しかし、母語話者はこれらの六種類の文に明確な意味の違いを意識しない (Saito 1985)。つまり、対称性が保存されている。しかし、名詞句の語順転換によって意味に違いが出るかどうかはここ半世紀の間依然として議論され続けている。

23言語システムの中で、遺伝・物理学的な法則に従って成長する部分でも可変的な部分が、言語環境に晒されて、このような文構造の違いを生み出すスイッチのようなものを、主要部パラメーターという。しかし、主要部パラメーターは存在せず、自然言語は全てSVO語順であるとする仮説もある (Kayne 1994)。或いは、構造組み立て過程では、OとVの結合部分のちょうつがい部分はモービル構造のようなくる回って可変的であるとする考え方もある。後者の考え方では、構造組み立て段階で関与するのは上下 (支配) 関係のみであって、前後関係 (語順) は関与しない。前後関係は音インターフェースで決定する。

24「予測可能性」は容認されるが、「予測不可能性」は容認性は低い。ここでは「非予測可能性」を示す。「*不予測可能性」は容認されない。また、「予測」は動詞性な性質を持つ名詞である。「予測する」のように軽動詞「する」を使用する名詞を動名詞とも呼ぶ。ここでは「予測」は動詞性を持つのでVとした。

25和語起源の「人殺し」と英語の“manslaughter”はどちらも<O, V>で右側から幹がのびる。しかし、漢語起源の「殺人」は<V, O>となっている。これは中国語がSVO言語であるからである。しかし、「殺人」(V・N)でも範疇的には全体は名詞な

ので、幹は右側が伸びていることになる。

26 自然言語の情報処理における最短距離拡張問題が測地線概念で説明できるかもしれないというアイデアは、Hawking (2008) を読んでいの際に偶然得た。非ユークリッド幾何学とは、ユークリッド幾何学における平行線の公理を否定することで成立する幾何学である。平行線公理とはユークリッド (330BC? ~ 260BC?)。アレクサンドリアの数学者) の『幾何学原本』(Stoicheia: ストイケイア) にある五番目の公準で「一直線外の一点を通してこの直線に平行な直線は一つあり、ただ一つに限る」というものである。ロバチェフスキー (N. I. Lobachevskii, 1796.1856, ロシアの数学者、非ユークリッド幾何学の創始者) の幾何学では平行線は無数に存在する。つまり、曲面を扱う非ユークリッド幾何学では「一直線外の一点を通してこの直線に平行な直線は無数にある」となる。一方、リーマン (G. F. B. Riemann, 1826.1866, ドイツの数学者、ガウスの弟子、非ユークリッド幾何学・一般関数論・楕円関数論・アーベル関数論などを研究し、リーマン幾何学を体系づけた(広辞苑)) の幾何学では平行線は存在しない(任意の二直線は必ず交わる)。また、曲面上では三角形の内角の和は180度より小さくなったり、大きくなったりする。リーマンによって整理されたリーマン幾何学は曲面の微分幾何学をn次元空間に拡張してつくった一般的な幾何学である。位相幾何学(トポロジー)とは幾何学的図形(空間)の位相的性質を研究する幾何学である。位相空間とは極限や連続の概念が定義できる集合のうち最も一般的なものである(百科事典マイペディア電子辞書版)。位相幾何学の話で有名なのは、コーヒーカップとドーナツは位相幾何学的には球体に穴が一個開いている空間として同じであるというものがある。

27 ペンローズとハメロフは意識的な経験は時空構造の背後にある物理学そのものと深く関係しているという立場をとる(Hameroff and Penrose (1996))。尚、ここではPenrose (1996, 1977) とその邦訳、または、解説、治部・保江 (1998)、天外・茂木 (2000) による量子脳理論の解説を参照した。ペンローズとハメロフによれば、意識は、神経細胞内のチューブリンというタンパク質のサブユニットから成るマイクロチューブル(細胞骨格)と、その周囲の水分子の相互的な量子的収縮(波動関数の自己収縮)によって生まれる。これは現在のコンピューターでは計算不能である。尚、真核生物の細胞骨格はスピロヘータ(spirochete)との共生によって生じた。単一の細胞が赤ないし赤外の光を検出し、それに対して方向性のある反応を示すことが観察されている。この反応に細胞骨格が関与している。このような脳の意識状態への水分子の関与は、中田 (2001, 2002, 2006) も、ポーリング (Linus C. Pauling, 1901.1994, アメリカの物理化学者、分子の立体構造、量子力学的な共鳴の概念、化学結合の本性、蛋白質の立体構造、抗原抗体反応など多方面の業績がある。

言語システム = 偽装ウィルスチェックシステム

平和運動にも貢献。ノーベル化学賞・平和賞（広辞苑）の仮説を支持しつつ、意識のない状態とは脳内の水分子が結晶化している状態であると独立に主張している。つまり、脳内の水分子の状態が意識の状態と相関しているという立場である。脳システムと水分子の関連を示す証拠がある。細胞間の情報伝達に関わるCMAH（シアル酸水酸化酵素遺伝子）がある。CMAHは、ヒトでは300万年前に偽遺伝子になっていて働いていない。ヒト以外の霊長類では全身で働いているが、脳だけで働いていない。CMAHは脳の発達に好ましくない可能性がある。水和性というのは、水の結晶化のパターンを壊す働きをする。意識の度合いに水分子の結晶化が関与しているのであれば、脳でCMAHが排除される理由も説明できる（水谷（2008a：114.115））

波動収縮とは干涉破壊である。干涉とは複数の波が重なり合い、強め合ったり、弱め合ったりする現象である。例えば、電子は粒子でもあり、波でもある。波動が収縮すると、このような波動の一般的な性質である干涉が消える。電子が粒子でもあり波でもあるということについて解説する。

(i) 電子の粒子状態と波動状態



上の図で波の山と谷のところが電子が観測される確率が最大である。この地点では電子は粒子として観測される。つまり、この部分では電子は粒子の状態として存在している。これを状態ベクトルの収縮と呼ぶ。波の山と谷の中間のところは電子が観測される確率が最小のところである。この場合、電子は波の状態として広がっている。

ペンローズとハメロフは、チューブリンの中で、量子的な重ね合わせ状態が起こり、そのまま、コヒーレントな状態（波動関数の位相がそろった状態）に保たれる。そして、ある質量・時間・エネルギーの閾値（量子重力理論で与えられる）に達するまで、他のチューブリンの波動関数を次々と巻き込んでいく。このプロセスの結果、システムが閾値に達した時に瞬間的に波動関数の自己収縮（客観的な波動関数の収縮 objective reduction; OR）が起こる。今、次のように空間的な分岐（S）とその時空構造の重力場のエネルギー（E）が等しいとする。

$$(ii) S = E$$

すると、次の等式が成り立つ。

$$(iii) T = \hbar/2 \times E$$

Tは重ね合わせがコヒーレントに維持される時間（コヒーレンス時間）で、重ね合わせ状態が自己収縮するまでの寿命である。 $\hbar/2$ はプランク・ディラック定数で重力

定数を 1、光速度を 1 とした場合である。

今、 $T=500\text{ms}$ の場合、つまり、0.5秒で一回の波動関数の自己収縮を起こす、つまり、一回の意識を発生させるために必要なチュープリンの数は、 10^9 個（10億個）だとする（1ms（ミリ秒）は1000分の1秒）。すると、0.5秒で一回の意識を発生させるためには何個のニューロンが必要か。脳のニューロン1個は 10^7 個（一千万個）のチュープリンを持つ。1個のニューロンの中の10%（ 10^7 個の10% = 10^6 個 = 100万個）のチュープリンがコヒーレントな量子的重ね合わせに参加していると仮定する。すると、0.5秒で一回の意識を発生させるのに、 $10^9 - 10^6 = 10^3$ 個（千個）のニューロンが必要となる。つまり、ニューロン千個で0.5秒に1回、つまり、1秒間に2回だけ波動関数の客観的自己収縮（意識の発生）が可能となる。しかし、例えば、危機的な状況では脳では 10^{12} 個のチュープリンが0.5msで自己収縮する。つまり、危機を回避するために、より高速で意識が発生する。因みに1個の電子の波動関数が客観的自己収縮を起こす（つまり、電子1個が意識を一回発生させる）には、この宇宙の年齢ぐらいの140億年以上かかるという。

線虫のC・エレガンス（C elegance）の意識発生を計算する。1匹の線虫は302個の神経細胞（ニューロン）を持つ。線虫は非常によく研究されていて、その302個の各ニューロンはどれがどこと連絡しているかの精密な地図が作られている。因みにヒト脳のニューロンの数は1000億（ 10^{11} 個）~1500億個（ 15×10^{10} 個）と言われている。ニューロンどうしの接続部分（隙間あり）であるシナプスは100兆個（ 10^{14} 個）を超える。1個のニューロンは 10^7 個（1千万個）のチュープリンを持つので、線虫は約 3×10^9 個（3千万個）のチュープリンを持つ。全体の3分の1の 10^7 個（1千万個）のチュープリンが量子的重ね合わせに参加したとする。意識を0.5秒で発生させるためには 10^9 個のチュープリンが必要なので、線虫の場合、チュープリン数はその100分の1なので、「調節された（自己選択的な）客観的収縮」（orchestrated objective reduction; Orch OR）= 意識を1回を起こすのにかかる時間は、0.5秒の100倍の50秒になる。つまり、線虫は意識を1回発生させるのに50秒かかる。1回意識が発生すると、その後の50秒間は無意識で、また一瞬意識が発生し、その後また50秒間無意識であるような意識状態である。つまり、もし、あなたが線虫であれば、50秒おきに意識が一瞬発生して直後に1分近くの無意識が続くような、うすばやけた現在、起きているのか、寝ているのか分からないような状態を常に生きているような感覚であろう。また、アメフラシ（Aplysia、アメフラシ科の腹足類、巻貝の仲間で退化した貝殻が体内にある、体長20cm・30cm）は約 10^3 個（千個）のニューロンを持つ。よって、アメフラシは500ms（0.5秒）で1回の意識（Orch OR）を起こせる。つまり、アメフラシは0.5秒で自分の意識を1回、つまり、1秒で2回意識を発生させる

ことができる。計算によると、ヒトの場合、1秒間に例えば50回の意識（Orch OR）を発生させることができる。よって、ヒトはアメフラシに比べて、25倍だけ意識的、或いは、注意的であるということになる。

竹内と茂木の言うように、ペンローズとハメロフの功績は意識に関する反証可能（将来の科学的な検証作業で正しいか誤りかを決定できるような）仮説を提出したことである。どんなに異端として扱われようと、批判を受けようと、反証可能な仮説を提出したことは、量子脳理論が科学理論であることを示す。例えば、ペンローズとともに研究を行って共同で数々の宇宙物理学、時空物理学の重要な貢献をしているイギリスの物理学者ホーキングのペンローズの量子脳理論に対する批判は次のようなものである。

（iv）ホーキングのペンローズ量子脳理論に対する批判の要点

- a．あまりにも現実的でない。
- b．物理学者は、外から測定不能な「意識」ではなく、外から測定可能な「知性」について語るべきである。

ペンローズの量子脳理論は現在、異端として扱われている。では、異端ではない脳の情報処理の物理学的なアプローチとはどのようなものか。例えば、ペンローズの量子脳理論を異端と呼ぶ武田（1999, 2004）は、脳への物理学的なアプローチで現在正統的とみなされるものは、量子論ではなく、自分の研究のようにニュートンの古典力学の枠組みでなされる研究であるとする。武田は例えば、時間の認知を物理学的（実験心理学的）に研究する。ミリ秒単位で反応速度を測定する。ニューロンの認知する時間は1ms、つまり、1秒の1000分の1である。一方、心理的時間は10msから100msの間である。つまり、実際の心理時間より速い速度で神経細胞は時間を計算する。これは、私達が実際に何かしようと思うより前に、神経細胞が活動していることを表している。これは重要な発見である。このような1000分1秒単位の神経細胞の反応を測定するのが現在、正統的な物理脳科学研究である。しかし、ニューロンの時間認識の研究だけでは、ヒト脳の最大の特徴である自然言語計算システムの法則やメカニズムは見えてこない。ヒト遺伝子型の表現型である自然言語を相手にしていない。ペンローズの量子脳理論でも自然言語というヒト脳の最大の特徴は観測の対象とはなっていない。本稿の主張は、ヒト脳の情報処理システムの研究において自然言語分析を無視することは、ミツバチの脳の情報処理システムの研究において、ミツバチの尻振りダンスの分析を無視するのと同じである。本稿ではかなりあぶない冒険（誰からも全く相手にされないという冒険）を試みているが、チョムスキーが言うように、現段階では、メンデルが表現型の分析を地道に継続したように、言語学者が今やるべき仕事は、自然言語というヒト遺伝子型の表現型を

地道に観察し続けることであろう。そして、欲を言えば、メンデルが到達したように、遺伝の法則のようなものを自然言語分析でも発見できれば幸いという段階であろう。現在の言語学のレベルは19世紀の遺伝学のレベルである。

28どちらを正にして、どちらを負にするかという問題は重要ではない。正負で打ち消して0となるということがポイントである。類推としては、物質と反物質、例えば、負の値を持つ電子と、正の値を持つ陽電子が対消滅する事態が考えられる。

29厳密に言えば、本動詞句VPの上に軽動詞句vPを仮定し、構造素性・yは軽動詞vを持つとしなければならないかもしれない。この仮定の下では対格の構造素性の照合・消去に伴って、対象名詞句「～を」のvP指定部への移動（再結合）が起こる。本稿では簡潔さのために、問題がない限り、動詞語幹と対象名詞句の結合の瞬間に対格の構造素性の照合・消去が起こるという説明を採用する。

30二項対立構造が選択されるのは、物理学的根拠（計算効率に関する根拠）がある。つまり、樹形図を上からでも下からでも辿るときに、二項対立構造では各分岐点で枝分かれが一個だけなのでメモリの負担が最小限で済むからである。三項以上の多岐構造では分岐点に到着する度に二個以上の情報を同時に記憶する必要が出てくるのでメモリの負担が増える。二項分岐構造の計算効率性の問題については、有川（2000）を参照されたい。

31意味は広辞苑第五版（岩波書店）を参照した。

32この部分に関しては、Saito and Hoji（1983）を参照した。

33日本語母語話者の直感（言語システムの反応＝計算結果）は、（a）から（d）の四個の例文の中では、（b）は完全に排除されるが、（d）は完全には容認されないが、（b）よりはましである。わずかではあるが差がある。理想的には明確な差があれば明確な議論ができるが、ここでは、このわずかな差が存在するということが重要なのである。

34例はTakezawa（1987）を参照した。

35例はTada（1992）を参照した。

36自然言語の時制システムと、数学や物理学における虚時間・実時間の対応に関するヒントは、水谷（2008b：32-33）から得ている。

37複素数平面に関する基礎的な情報は今野（2001）を参照した。

38いわゆる「ビッグバン理論」という名称は、ホーキングとペンローズの提案を馬鹿にしてつけられたものである。しかし、ビッグバンという名称のせいで、宇宙の始まりが一点から膨張したという誤解も生まれた。ホーキングとペンローズによると、約137億年前に、宇宙の全ての空間が突如として光速以上の速度で急激に膨張したのである。137億年前のこの宇宙がゴマ粒より小さい大きさであったというのではない。

言語システム = 偽装ウィルスチェックシステム

また、ホーキングとペンローズは、一般相対性理論で記述される時空には特異点、つまり、物質の密度が（無限大）となる点、時間と空間がなくなってしまう点（例えば、ブラックホール）が存在することを証明した。

39 虚数と虚時間に関しては水谷（2008b）を参照した。

40 虚数が登場したのは16世紀～17世紀頃である（今野 2001）。

41 因みに5億年前は地球の1日は21時間であった。つまり、地球の自転速度は遅くなってきている。月の引力によって地球表面が引っ張られ、地球は変形する。変形した部分は月に近くなるので月の引力が強く働き、地球の自転にブレーキをかける。この地球にブレーキをかける力の反作用の力で、月の公転速度は速くなる。月は地球から離れていく（竹内 2001：12・13）。

42 虚数を初めて実際に使用して方程式を解いたのは、イタリア・ミラノの医師・数学者のジローラモ・カルダノ（1501・1576）である（水谷 2008b：28・29）。カルダノの問題を示す。

(i)カルダノの問題

足して10、かけて40になる二つの数を求めよ。

このカルダノの問題は次の連立方程式を解くことである。

(ii) $A + B = 10 \dots (1)$

$A \times B = 40 \dots (2)$

この連立方程式を解く。

(iii) (1) より、 $B = 10 - A$

これに (2) に代入すると、

$$A \times (10 - A) = 40$$

$$A \times 10 - A \times A = 40$$

$$-A^2 + 10A - 40 = 0$$

解の公式を使用して解くと、

$$A = 5 \pm \sqrt{-15}$$

つまり、 $A = 5 \pm 15i$ となる。

虚数 i とは2乗すると -1 になる数、つまり、 $i = \sqrt{-1}$ である。 $\sqrt{-15} = 15i$ である。

$i^2 = -1$ となる。

43 筆者のやり方では、次のような点が特に問題となる（藤間真氏，p. c.）。

(1) 文の要素を & で結びつけ、& を加算としているが、何故、加算するのか？それでいいのか？

(2) 直接受動文の方程式の右辺の値が -1 となっているが、解釈可能性に関しては、0 か 1 かしかなかったのではないか。 -1 とは何を示しているのか？

(3) 間接受動文と使役文で方程式を整理すると、 $x=0.5$ となる。 0.5 とは何か？解釈可能性に関しては、 0 か 1 かしかなかったのではないか。

藤間氏によると、本稿のやり方は多くの問題を孕んでいる恐れがあるが、純粋数学ではなく、応用数学の立場からすると次のことが言える。ある現象を数式に写す中で、とにかく計算したら、何らかの有意義な結果らしきものが出るのであれば、その現象の本質らしきものをつかんでいる可能性もある。勿論、全く的是はずれである場合もある。しかし、何らかの結果らしきものが得られたのなら、それを積極的、楽観的な立場から、本質らしきものをつかんでいるのではないかと考えて、とにかく計算を進めてみるということである。

同様に、理論物理学ではなく、実験物理学の領域においても、とにかく計算してみても何らかの結果らしき値が出たのであれば、それはその本質らしきものをつかんでいるかもしれないと積極的に評価して計算を進めてみるということがある。上の(1)の問題に関しては、「 a と b 」が加法 $a+b$ であること、特称命題の「かつ」は $\&$ として、つまり、加法の「と」と同じとして計算する。(2)の問題に関しては、直接受動文の方程式を整理して変数を含む項だけを左辺に出した結果を示しているだけであって、整理する前の段階では、 $x-y+2=1$ となっている。この方程式の左辺($x-y+2$)が直接受動文を示す。この左辺は解釈可能なので 1 となっている。しかし、右辺を -1 のままにしても、 0 と 1 以外の値を認める多値論理を導入すると問題はない。問題(3)に関しては、 $2x=1$ として考える。または、本稿では扱わないが、多値論理の導入も考えられる。つまり、解釈可能性 0 と解釈可能性 1 の真ん中の 0.5 という数に対して特定の解釈を与えていくわけである。

このセクションでやっていることが無謀であることは、自然言語文の方程式化を扱った直接の先行研究がないことから分かる。しかし、Gross and Lentin (1967)のような間接的な先行研究はある。その中に“Languages defined by systems of equations”(方程式システムによって定義される言語)のセクションがある(ibid., 132-148)。筆者にはこの箇所を十分に理解する数学的知識がないが、具体的な文を分析しているのではなく、もっとかなり抽象度を上げて論じていることは分かる。しかし、方程式に関連する箇所なので、今後、この論考については勉強していきたい。同書の中に“Algebraic languages”(代数的な言語)という論考もある。これも抽象的なレベルから議論が始まっている。また、Ceterchi (2001)は、文脈の代数学性質を調べている。これもかなり形式的な意味論から入っている。しかし、これらの論文は方程式や代数学と自然言語の関連をテーマとしているわけだから、大まかな方向性としては本稿がやろうとしたことと同じ目標を持っているのであろう。その他にも広い意味で数学と自然言語分析の関連性をテーマとした論考として次のよ

うなものがある。Kuroda (1976), Kuroda (1987) は位相幾何学と自然言語構造の関連性を扱っている。Marsh (1987) はグラフ理論と自然言語構造の関連性を扱っている。今後、このような間接的な先行研究を勉強して、文の方程式化に関してもっと地に足のついた結果が得られたらと思う。

現在、自然言語への数学的なアプローチとして、Nowak and komarova (2001) の文法進化に関する人工力学の方程式を使ったものがある。ヒト脳言語システムの普遍文法 (universal grammar; UG) が文法的結束性 (grammatical coherence) を示す条件をコンピューター・シミュレーションを行って探るものである。その言語力学方程式を示す。

$$\frac{d_{sj}}{d_t} = \sum_{i=1}^n f_i q_{ij} x_i - x_{ij} = 1, \dots, n$$

f_i は、文法 G_i を使う全ての個人にとっての、 G_i を使うことの報酬を示し、これは子供の数にも影響する。例えば、英語のような言語を使うことで高い報酬が得られる場合は、英語使用者の子供の数が増える。 q_{ij} は、どれだけ正確に言語を獲得、または、学習するかを示す。 x_{ij} は G_i を使う人の多さを示す。 i は変数で、人口の中での文法結束性 (適応性、つまり、人口の中でのコミュニケーションが成功している度合い) を示す。この言語力学方程式を解くことで、UG が文法的結束性を示す条件を調べる。このような自然言語へのアプローチは、自然言語への生物言語学的アプローチの試みの一つである。

44 Baker, Johnson, Roberts (1989) は、英語の受動文を形成する際に出現する完了分詞接辞 en が実は対格項であると論じている。本稿はこの仮説を採用している。

45 他の例として、「 a や b 」、「 a か b 」、「 a したり、 b したりする」は結合法則が成立している。「 a に b 」では結合法則は成立しない (「お弁当にお茶」、「お茶にお弁当」) 。

46 自然言語例で結合法則と交換法則が成立しない。よって、自然言語は減法や除法に類似していると言える。では、言語論理式で、加法ではなく、減法を採用したらどうなるだろうか。今、能動他動詞文を、 $VP - TP = 1$ とし、変数どうしは掛け算を行う。能動他動詞文の論理式を方程式化すると、次のようになる。

$$(i) - y^2 - x^2 = 1$$

整理すると、

$$(ii) x^2 + y^2 = - 1$$

これは

$$(iii) x^2 + y^2 = i^2$$

となる。これは半径が i^2 の円の方程式である。横軸を実数、縦軸を虚数とする複素数

平面で考えると、 i^2 とは左上の90度から180度の回転の結果、得られる実数軸上の -1 である。つまり、能動他動詞文の方程式は半径 -1 の円となる。これは半径 1 の円 ($x^2 + y^2 = 1$) の反物質 (反円) として考えられる。同じ方法で考えると、直接受動文の方程式は、

$$(iv) -y^2 - x^2 + 1 = 1$$

となり、整理すると、

$$(v) x^2 + y^2 = 0$$

となる。これは半径 0 の円である。半径 0 の円とは半径 1 の円が収縮して原点で点になったものとして考えられる。つまり、能動他動詞文は半径 1 の円 (反円) であり、直接受動文は原点の点である。直接受動文は対象を焦点化する文である。円が点に収縮するというのは、この対象への焦点化を表していると解釈する。因みに、オイラーの公式 $e^{ix} = \cos x + i \sin x$ において、 $x = \pi$ とすると、 $e^{i\pi} = -1$ となる (オイラーの等式。佐藤 (2006: 204), 水谷 (2008b))。 $e^{i\pi}$ とは $2\pi i$ で元に戻る周期を持つ指数関数である。 $x^2 + y^2 = -1$ は $e^{i\pi} = -1$ に似ている。全く無関係かもしれない。 $e^{i\pi} = -1$ は数学の4つの重要な数、つまり、自然対数の底の e 、円周率の π 、虚数単位 i 、自然数の 1 が織りなす美しい式である (佐藤 (2006: 204))。全く関係ないかもしれないが、両者が似ているところがおもしろい。

47他動詞の定義は、寺村 (1981) のものを採用する。

(i) 直接受動文を作る動詞を他動詞とする。

例えば、次の例を考える。

(ii) 直接受動文であるか。

- a. 太郎が花子に褒められた (こと)
- b. 太郎が花子に育てられた (こと)
- c. 太郎が花子にぶつかられた (こと)
- d. *太郎が花子に結婚された (こと)
- e. 太郎が花子に別居された (こと)
- f. 太郎が花子に離婚された (こと)
- g. *太郎が花子に会われた (こと)
- h. *太郎が花子に分かれた (こと)

従って、「褒める」「育てる」「ぶつかる」「別居する」「離婚する」は他動詞と認定される。一方、「結婚する」「会う」「分かる」は他動詞ではないと認定される。

48ベクトル x について、 $ax = x$ となるとき、ベクトル x をベクトル ax の固有ベクトルといい、固有値は 1 である。よって、ベクトル $2b$ はベクトル b の固有ベクトルで、固有値は 2 である。

言語システム = 偽装ウィルスチェックシステム

49 「親御さん」(他人の親の敬称)は連濁ではない。

50 Lyman Benjamin Smith (1835-1920)。アメリカの地質学者・鉱山学者。米国マサチューセッツ州生まれ。1872年に北海道開拓使として来日、北海道の油田調査を行った。1876年に工部省お雇いとなり、全国の油田調査を行い、日本の鉱山開発に尽くした。1881年に帰国(コンサイス外国人名辞典・三省堂)。1894年に、“Change from surd to sonant in Japanese”(日本語における無声音から有声音への変化)という題名の論文をフィラデルフィアで発表した。この論文の中で、複合語の後続和語に騒子音が含まれる場合、連濁は起こらないとするライマンの法則を提案した。

参考文献

- 有川康二 (2000) 「自然言語は経験科学の対象となりうるのか」『国際文化論集 21』桃山学院大学紀要, pp. 141-188. 大阪: 桃山学院大学
- Baker, M., K. Johnson, I. Roberts (1989) Passive arguments raised. *Linguistic Inquiry* 20, pp. 219-251. The MIT Press.
- Barrett, P. H. and R. B. Freeman (1988) *The works of Charles Darwin*. Vol. 15, 16, London: William Pickering.
- Bloom, F. E. et al (1985) *Brain, mind, and behavior*. New York and Basingstoke: Worth Publishers. (邦訳: 中村, K.・久保田, K. (監訳) (2004) 『新・脳の探検 (上・下)』東京: 講談社)
- Ceterchi, R. (2001) Some algebraic properties of contexts and their applications to contextual languages. In Martin-Vide and Mitrana (eds.) (2001) pp. 219-226.
- Chomsky, N. (1957) *Syntactic structures*. The Hague・Paris: Mouton.
- Chomsky, N. (1981) *Lectures on government and binding*. Dordrecht: Foris Publications.
- Chomsky, N. (1995) *The minimalist program*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Chomsky, N. (2004) Biolinguistics and the human capacity. MTA (ハンガリー学会会議) における講演. プダベスト. 5月17日.
- Cristian von Baeyer, H. (2003) *Information: the new language of science*. London: Weidenfeld & Nicolson. (邦訳: 水谷淳 (訳) 『量子が変える情報の宇宙』東京: 日経 BP)
- Darwin, C. (1859) *On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life*.
初版英語原本: Barrett and Freeman (1988)
第六版英語原本: *The origin of species*. Everyman's Library 版 (第六版) No. 811, 1928, London: Dent, New York: Dutton, 及び、
The origin of species by means of natural selction or the preservation of favored races in the struggle for life. New York: D. Appleton and Company, 1972.
初版日本語訳:
『種の起源』八杉龍一 (訳) 1990, 初版原本の日本語訳, 岩波文庫 (上・下)

- Gross, M and A. Letin (1967) *Introduction to formal grammars*. Springer-Verlag Berlin・Heidelberg. (同著者らによる *Notions sur les grammaires formelles* (Gauthier-Villars, Paris) の英訳) (特に、Chap. XI, p. 132, Language defined by systems of equationsを参照した)
- Hammeroff, S. and R. Penrose (1996) Conscious events as orchestrated space-time selection, *Journal of Consciousness Studies* 3, No. 1, pp. 36-53.
- Hartle, J. and S. W. Hawking (1983) Wave function of the universe. *Phys. Rev. D* 28, 2960.
- 畠山雄二 (2004) 『情報科学のための理論言語学入門 脳内文法のしくみを探る』東京：丸善株式会社
- Hawking, S. W. (1993) *The theory of everything the origin and fate of the universe. A lecture at Cambridge University.*
(邦訳：向井国昭(監訳)・倉田真木(訳)(2008)『ホーキング宇宙の始まりと終わり 私たちの未来』東京：青志社)
- Hawking, S. W. (2001) *The Universe in a nutshell*. Bantam.
- Hawking, S. W. (2008) *The briefer history of time*. Bantam Press.
- Holmberg, A. (1986) Word order and syntactic features in the Scandinavian languages and English. Doctoral dissertation, Stockholms Universitet.
- Hornstein, N. et al. (2005) *Understanding minimalism*. Cambridge University Press.
- 福岡伸一 (2008) 『できそこないの男たち』光文社新書, 東京：光文社
- 福岡伸一 (2009) 『動的平衡：生命はなぜそこに宿るのか』東京：木楽舎
- 今野紀雄 (1998) 『図解雑学 複雑系』東京：ナツメ社
- 今野紀雄 (2001) 『図解雑学・数の不思議』東京：ナツメ社
- Jantsch, E. (1980) *The self-organizing universe*. Pergamon Press Ltd. (邦訳：芹沢高志・内田美恵(訳)(1986)『自己組織化する宇宙 自然・生命・社会の創発的パラダイム』東京：工作舎)
- Jenkins, L. (ed.) (2003) *Variation and universals in biolinguistics*. Oxford:Elsevier.
- 治部眞理・保江邦夫 (1998) 『脳と心の量子論』講談社ブルーバックス
- Kauffman, S. (1995) *At home in the universe: the search for laws of self-organization and complexity*. Oxford University Press. (邦訳：米沢富美子(監訳)(1999)『自己組織化と進化の論理 宇宙を貫く複雑系の法則』日本経済新聞社)
- Kayne, R. (1994) *The antisymmetry of syntax*. Cambridge, Massachusetts: The

MIT Press.

Kenstowicz, M. (ed.) (2001) *Ken Hale: A life in language*. Cambridge, Mass. : MIT Press.

Kishimoto, H. (2008) On verb raising. In Miyagawa, S. and M. Saito (eds.) *The Oxford handbook of Japanese linguistics*. 107-140. Oxford University Press.

Kuroda, S. -Y. (1976) A topological study of phrase-structure languages. *Information and Control* 30. pp. 307-379. Academic Press.

Kuroda, S. -Y. (1987) A topological approach to structural equivalence of formal languages.

Manaster-Ramer (ed.) (1987), pp. 173-190 所収 .

Lahn, T. B. et al (2004) Accelerated evolution of nervous system genes in the origin of Homo sapiens. *Cell* 119: pp. 1027-1040.

Larson, R. (1988) On the double object construction. *Linguistic Inquiry* 19: 335-391.

Manaster-Ramer, A. (ed.) (1987) *Mathematics of Language*. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamin Publishing Company.

Mandelbrot, B. B. (1977) *The fractal geometry of nature*. New York: W. H. Freeman and Company.

Marsh, W. (1987) Graphs and grammars. Manaster-Ramer (ed.) (1987) pp. 237-256 所収.

Martin-Vide, C. and Mitrana, V. (eds.) (2001) *Where mathematics, computer science, linguistics and biology meet*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.

松永俊男 (1987) 『ダーウィンをめぐる人々』朝日選書, 東京: 朝日新聞社

三木成夫 『胎児の世界 人類の生命記憶』中公新書, 東京: 中央公論新社

Miyagawa, S. (2001) The EPP, scrambling, and wh-in-situ. In Kenstowicz, M. (ed.) *Ken Hale: A life in language*. 293-338. Cambridge, Mass. : MIT Press.

Miyagawa, S. and M. Saito (eds.) (2008) *The Oxford handbook of Japanese linguistics*. Oxford University Press

水谷仁 (編) (2007a) 『「生命」とは何か, いかに進化してきたのか, 最初の生命から哺乳類まで』ニュートンムック別冊, 東京: ニュートンプレス

水谷仁 (編) (2007b) 『光とは何か?』ニュートン7月号, 東京: ニュートンプレス

水谷仁 (編) (2008a) 『DNA 生命を支配する分子』ニュートン別冊, 東京: ニュートンプレス

- 水谷仁 (編) (2008b) 『虚数』 ニュートン12月号 . 東京 : ニュートンプレス
- 水谷仁 (編) (2009) 『わかる図解 細胞』 ニュートン 2月号 . 東京 : ニュートンプレス
- 中田力 (2001) 『脳の方程式 いち・たす・いち』 紀伊國屋書店
- 中田力 (2002) 『脳の方程式 + ぶらす・あるふぁ』 紀伊國屋書店
- 中田力 (2006) 『脳のなかの水分子 意識が創られるとき』 紀伊國屋書店
- 西原克成 (1997) 『生物は重力が進化させた 実験で検証された新しい進化の法則』 ブルーバックス , 東京 : 講談社
- Nowak, M. A. and N. L. Komarova (2001) Towards an evolutionary theory of language [Opinion], *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 288-295.
- Penrose, R. (1996) Beyond the doubting of a shadow. A reply to commentaries on shadow of the mind. Mathematical Institute, Oxford, U. K. MBA Literary Agents Limited.
- (邦訳 + 解説 : 竹内薫・茂木健一郎 (2006) 『ペンローズの量子脳理論 21世紀を動かす心とコンピュータのサイエンス』 徳間書店)
- Penrose, R. (1997) *The large, the small and the human mind*. Cambridge University Press.
- (邦訳 : 中村和幸 (訳) (1999) 『心は量子で語れるか 21世紀物理の進むべき道をさぐる』 講談社ブルーバックス
- Piattelli-Palmarini, M. and Uriagereka, J. (2003) *The immune syntax: the evolution of the language virus*. Jenkins, L. (ed.) (2003) pp. 341-377 所収.
- Rizzi, L. (1990) *Relativised minimality*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- 佐川峻・中原英臣 (1996) 『ウイルス進化論 ダーウィン進化論を超えて』 ハヤカワ文庫 , 東京 : 早川書房
- 佐川俊・中原英臣 (1997) 『生命進化の鍵はウイルスが握っていた』 KAWADE夢新書 , 夢の設計社 .
- Saito, M. and Hoji, H. (1983) Weak crossover and Move α in Japanese. *Natural Language and Linguistic Theory* 1. pp. 245-260.
- Saito, M. (1985) Some asymmetries in Japanese and their theoretical implications. Doctoral dissertation, MIT.
- 佐藤敏明 (2006) 『図解雑学 指数・対数』 東京 : ナツメ社
- Schrödinger, E. (1944) *What is life? the physical aspect of the living cell*. Cambridge University Press. (邦訳 : 岡小天・鎮目恭夫 (訳) 『生命とは何か 物理的

- にみた生細胞』岩波文庫，東京：岩波書店。
- Sedlak, W. (1995) A possibility of quantum evolution of language. Puppel, S. (ed.) (1995) *The biology of language*. John Benjamins Publishing Company 所収
- Stewart, I. (2007) *Why beauty is truth: the story of symmetry*. Basic Books. (邦訳：水谷淳 (訳) (2008) 『もっとも美しい対称性』日経BP社)
- Strang, G. (2003) *Introduction to linear algebra*. Massachusetts: Wellesley-Cambridge Press.
- Tada, H. (1992) Nominative objects in Japanese. *Journal of Japanese Linguistics* 14: pp. 91-108.
- 武田暁 (1999) 『脳と物理学 物理学は脳を理解できるか』裳華房
- 武田暁 (2004) 『脳は物理学をいかに創るのか』岩波書店
- 竹内薫 (2004) 『ビジュアル式 数学嫌いが治る本』東京：インデックス・コミュニケーションズ
- 竹内均 (編) (2001) 『時間の謎 時空の不思議を解き明かす』ニュートン7月号・東京：ニュートンプレス。
- Takezawa, K. (1987) A configurational approach to case marking in Japanese. Doctoral dissertation, University of Washington.
- 天外伺朗・茂木健一郎 (2000) 『意識は科学で解き明かせるか』講談社ブルーバックス
- 寺村秀夫 (1982) 『日本語のシンタクスと意味Ⅰ』東京：くろしお出版
- 寺村秀夫 (1984) 『日本語のシンタクスと意味Ⅱ』東京：くろしお出版
- 上山あゆみ (1991) 『はじめての人の言語学』東京：くろしお出版
- Wallace, A. R. (1891) *Natural selection and tropical nature. essays on descriptive and theoretical biology*. Thoemmes Continuum.
- Wheeler, J. A. (1990) Information, physics, quantum: the search for links. Zurek, W. (ed.) *Complexity, entropy, and the physics of information*. Addison-Wesley 所収.
- Weinberg, S. (1993) *The first three minutes: A modern view of the origin of the Universe*. 2 updated version. Basic Books.
- 矢島道子 (2008) 「ダーウィンは古生物学者」シンポジウム「ダーウィン進化論の誕生と波紋：2009年ダーウィン年に向けて」口頭発表レジュメ，桃山学院大学
- 吉永良正 (1996) 『「複雑系」とは何か』講談社現代新書・東京：講談社

The Language System as a Disguised Virus Check System

— Variable Elimination, Imaginary Numbers, and Geodesic
Lines in Natural Language Computation —

Koji ARIKAWA

This paper argues for the following.

- a. The natural language system is a disguised virus-check system. It self-organized in the brain of the human ancestor as the result of a self-organizing mutation that took place about two million years ago.
- b. The language system generates information that is discrete and infinite. Discrete infinity is an indication that the language system has become cancerous. The language system disguised itself as an immune system. The brain is a typical immune system.
- c. The evidence for the disguise exists in the natural language computation.
- d. The structural informations (formal features) in Case particles and finite Tense inflection are variables.
- e. The variables are checked and eliminated. The Variable-elimination is the driving force of structure building.
- f. A sentence structure has a self-part and non-self part. A formal (structural) feature is checked off at the non-self part. The parasitic language system mimics the prominent characteristic of the host

brain, which is the immunity. That is to say, the language system creates viruses = antigens (= structural features = variables of NPs), and the antibodies (structural features of the heads such as V, T, and C) check and eliminate those variables. This variable elimination is the driving force of the growth of bifurcating sentence structure.

- g. A Head movement extends the minimal domain MinD (the non-self part of the sentence structure). The MinD extension brings about the infinite increase of the shortest root. The head movement induces a non-Euclidean geometrical change of a sentence structure. That is, without head movement, a sentence structure is a flat plane, but with head movement, the sentence structure becomes a curved surface. On a curved surface, geodesic lines appear, increasing the number of the shortest root for NP movement (virus checking and elimination).
- h. The group theory can be an effective tool for studying the scrambling problem in C_{HL} .
- i. The computational system of human natural language (C_{HL}) includes a distinction between real time and imaginary time. The C_{HL} contained the imaginary number i when Mother Nature created the C_{HL} about two million years ago. The imaginary number i is not a modern invention of mathematicians.
- j. A sentence is an equation with constants and variables. The human brain solves one-dimensional simultaneous equations with multiple variables (= Case features). But linguistic simultaneous equations consist of a single equation, which is not solvable in mathematics. A sentence is an equation. Therefore, a sentence can be paraphrased into a mathematical equation. Interesting results obtain when we draw the graphs and the vector spaces of the linguistic equations.

The Language System as a Disguised Virus Check System

- k. Points of breakdown of the operation of variable elimination exist both in linear algebra and in the C_{HL} .
- l. Sequential voicing (*rendaku*) obeys the least effort (energy) principle.